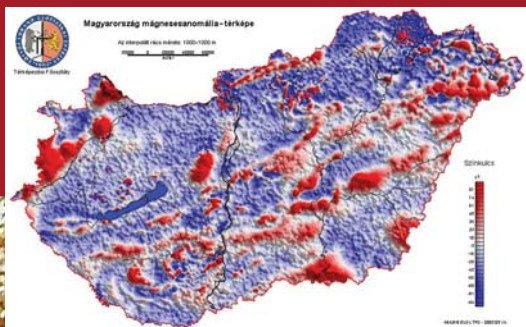
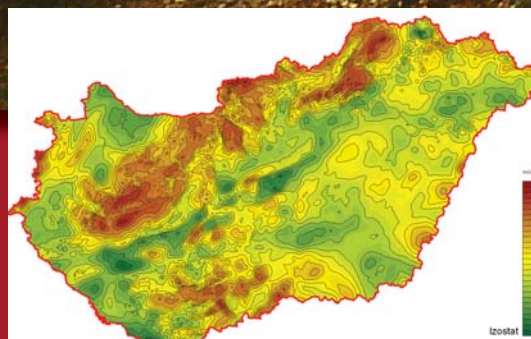


# Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története II.



1965 – 2012





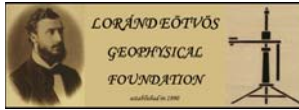
A MAGYAR ÁLLAMI  
EÖTVÖS LORÁND GEOFIZIKAI INTÉZET  
TÖRTÉNETE

II. RÉSZ  
1965–2012

## A kötet megjelenését támogatták:



Magyar Földtani és Geofizikai Intézet



Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány



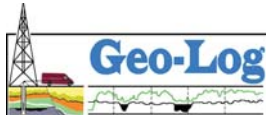
Magyar Tudományos Akadémia



Magyar Geofizikusok Egyesülete



BIOCENTRUM Környezetvédelmi  
és Vízgazdálkodási Kft.



Geo-Log Környezetvédelmi  
és Geofizikai Kft.



GEOPORT Tudományos-Műszaki  
és Kereskedelmi Kft.



MinGeo Környezetvédelmi  
és Vállalkozási Kft.

ISBN 978-963-671-309-6



# A MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LORÁND GEOFIZIKAI INTÉZET TÖRTÉNETE

## II. RÉSZ 1965–2012

Az Intézet számos munkatársának közreműködésével  
az anyagot összegyűjtötte és szerkesztette

Bodoky Tamás, Polcz Iván

Budapest, 2016

A kötetet lektorálták:

Baráth István, Draskovits Pál, Hegybíró Zsuzsanna, Kakas Kristóf,  
Kiss János, Kovács Péter, Kovács Béla, Lendvay Pál, Mészáros  
Ferenc, Müller Pál, Nemesi László, Posgay Károly, Ráner Géza<sup>†</sup>,  
Simon András, Szabó Zoltán, Szalay István, Verő László

A kiadásért felel Fancsik Tamás igazgató,  
Magyar Földtani és Geofizikai Intézet

© MFGI, 2016  
Minden jog fenntartva

Tipográfia, nyomdai előkészítés: EP Systema Bt., Budapest  
Nyomdai munkák: Nestpress Nyomda Kft., Budapest  
Felelős vezető: Fekete Iván

# Tartalom

A Kiadó előszava ( <i>Fancsik T.</i> ) .....	11
A szerkesztők előszava ( <i>Bodoky T., Polcz I.</i> ) .....	12
1. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) helyzete, szervezeti felépítése, tevékenysége és finanszírozása 1965-től 2012-ig ( <i>Baráth I., Bodoky T., Hegymegi L., Jánvári J., Posgay K., Ráner G.<sup>†</sup>, Simon A., Verő L.</i> ) .....	15
1.1. Az Intézet 1965 és 1994 között .....	16
1.2. Az Intézet a Magyar Geológiai Szolgálat keretein belül és utána (1994–2012) .....	28
2. Földfizikai kutatások ( <i>Csapó G.<sup>†</sup>, Hegymegi L., Kis M., Mártonné Szalay E., Merényi L., Szabó Z.</i> ) .....	37
2.1. Geofizikai alaphálózatok .....	38
2.1.1. Gravitációs alaphálózatok ( <i>Szabó Z., Csapó G.<sup>†</sup></i> ) .....	38
2.1.2. Földmágneses alaphálózatok ( <i>Szabó Z.</i> ) .....	45
2.2. Obszervatóriumok .....	48
2.2.1. A Tihanyi Földmágneses Obszervatórium ( <i>Hegymegi L., Szabó Z.,</i> ) .....	48
2.2.2. Mátyás-hegyi Gravitációs és Geodinamikai Obszervatórium ( <i>Kis M.</i> ) .....	54
2.2.3. Sekély-geotermikus mérések és modellezések ( <i>Merényi L.</i> ) ..	59
2.3. Paleomágneses kutatások ( <i>Mártonné Szalay E.</i> ) .....	60
3. Országos geofizikai alapkutatások ( <i>Bodoky T., Fancsik T., Hegedűs E., Kovács A. Cs., Nagy A., Nemesi L., Posgay K., R. Tátrai M., Ráner G.<sup>†</sup>, Szabó Z., Török I., Török K., Varga G.</i> ) .....	65
3.1. Országos gravitációs és mágneses mérések, illetve térképek ( <i>Szabó Z.</i> ) .....	66
3.1.1. Országos térképek földi mérések alapján .....	66
3.1.2. Légi mágneses térképezés .....	68
3.1.3. Szelvény menti mérések az alföldi komplex kutatás keretében	69

3.1.4. Európai gravitációs térkép szerkesztése .....	70
3.2. Országos tellurikus térképek ( <i>Nemesi L.</i> ) .....	71
3.3. Országos radiometriai alaphálózat ( <i>Nagy A.</i> ) .....	75
3.3.1. A radiometriai alaphálózat .....	75
3.3.2. Talajminták .....	76
3.3.3. Terepi felvételek módszere, spektrumok feldolgozása .....	76
3.3.4. Eredmények .....	78
3.4. Litoszféra- és asztenoszféra-kutatás (1964–2012) ( <i>Posgay K., Hegedűs E., Fancsik T., Varga G.</i> ) .....	80
3.4.1. A kéreg refrakciós, széles szögű reflexiós kutatása .....	80
3.4.2. Mélyreflexiós és magnetotellurikus litoszféra- és asztenoszféra-kutatás .....	82
3.4.3. „Új generációs” mélyszeizmikus és magnetotellurikus kutatások .....	91
3.4.4. Közel vízszintes reflexiók értelmezése .....	95
3.5. Földtani alapszelvények ( <i>Ráner G.<sup>†</sup>, R. Tátrai M., Varga G.</i> ) .....	101
3.5.1. Előzmények .....	101
3.5.2. Kutatási területek .....	102
3.5.3. A szelvények helyének kijelölése és a terepi szeizmikus mérések néhány paramétere .....	105
3.5.4. A terepi méréseknél használt szeizmikus műszerek .....	106
3.5.5. A szeizmikus mérések feldolgozása .....	106
3.5.6. A földtani alapszelvények keretében mért nem szeizmikus geofizikai mérések eredményeinek felhasználása .....	107
3.5.7. A földtani alapszelvények és geofizikai alapvonalak legfontosabb eredményei (az MT mérések 1D inverziójával) .....	107
3.5.8. A magnetotellurikus és szeizmikus mérések újrafeldolgozása .....	110
3.5.9. A magnetotellurikus mérések újraértelmezése (1996–2003) ..	111
3.5.10. A szeizmikus szelvények egységes újrafeldolgozása .....	114
3.5.11. Földrengés-veszélyeztetettség .....	115
3.6. Passzív szeizmikus (szeizmológiai) kutatások ( <i>Kovács A. Cs., Bodoky T., Hegedűs E., Török I.</i> ) .....	118
3.6.1. Bevezetés .....	118
3.6.2. A Danube 2004 program .....	119
3.6.3. ALPASS, ALPASS-DIPS passzív szeizmikus program .....	126
3.6.4. A PASSEQ passzív szeizmikus program .....	128

3.6.5. A CBP-RBB (Carpathian Basins Project, Regional Broad Band) és CBP-HST (Carpathian Basins Project, High-resolution Seismic Tomography) passzív szeizmikus programok .....	128
3.6.6. Az Arktisz és Antarktisz vizsgálata (IGY 2007–2009) .....	132
3.7. Kőzettani, deformációs vizsgálatok a Kárpát-medence xenolitjain (Török K.) .....	132
3.7.1. Deformációs vizsgálatok xenolitokon .....	132
3.7.2. Eredmények a szeizmikus sebességekre, illetve anizotrópiára vonatkozóan .....	134
3.8. Földrengés-veszélyeztetettségi vizsgálatok (Bodoky T.) .....	135
3.8.1. Geofizikai kutatások Paks térségében .....	135
4. Regionális geofizikai kutatások (Braun L., Draskovits P., Hoffer E., Kakas K., Király E., Kiss J., Nemesi L., Polcz I., Rezessy G., Szalay I., Tóth Cs.) .....	145
4.1. Geofizikai kutatás az Alföldön (1965–1992) (Polcz I.) .....	146
4.1.1. Komplex geofizikai szénhidrogén-kutatás .....	146
4.1.2. Egyéb alföldi geofizikai kutatások .....	167
4.1.3. Mezőn belüli szeizmikus mérések .....	174
4.2. Nyersanyagkutató mérések a Dunántúlon .....	179
4.2.1. Bevezetés, időrendi áttekintés (Kakas K., Rezessy G.) .....	179
4.2.2. Elő kutatás: regionális területértékelés (Rezessy G., Kakas K.) .	183
4.2.3. Geofizikai kutatás az eocén barnaszénmedencék körzetében (Rezessy G.) .....	188
4.2.4. Szenon szénkutatás a Bakony nyugati előterében (Hoffer E.) .	202
4.2.5. Bauxittároló szerkezetek kimutatása (példa: Bakonyoszló) (Tóth Cs.) .....	207
4.2.6. A mélyárkos-töbrös bauxittestek kutatása (példa: Iharkút) (Kakas K.) .....	215
4.2.7. Számítógépes rendszerek a szén- és bauxitkutatás támogatására (Tóth Cs.) .....	221
4.2.8. Légi geofizikai mérések a bauxitkutatásban (Tóth Cs.) .....	226
4.2.9. Szeizmikus mérések a Máza-Dél-Váralja-Dél feketekőszén-kutató területen (Braun L.) .....	230
4.3. Észak-Magyarország geofizikai kutatása (Szalay I.) .....	233
4.3.1. Cserehát .....	233
4.3.2. Recsk környéki komplex geofizikai érckutatás (1968–1971) ...	235

4.3.3. Börzsöny hegységi érckutatás ( <i>Király E.</i> ) .....	244
4.3.4. A Darnó-vonal ércesedett tektonikai övezetének geofizikai kutatása (1973–1978) ( <i>Szalay I.</i> ) .....	252
4.3.5. A Középső- és Nyugat-Mátra geofizikai ércelőkutatása (1980–1985) .....	260
4.3.6. Az Aggtelek–Rudabányai-hegység geofizikai előkutatása (1981–1985) .....	269
4.3.7. A Bükk hegység és előtereinek geofizikai kutatása (1986–1997) .....	272
4.4. Kisalföld geofizikai kutatása ( <i>Nemesi L.</i> ) .....	278
4.4.1. A Kisalföld geofizikai kutatásának összefoglaló áttekintése ..	278
4.4.2. A felszínközeli kutatások .....	279
4.4.3. A középmező kutatások .....	280
4.4.4. Aljzat- és kéregszerkezeti kutatások .....	282
4.5. A Nemzetközi DANREG Program ( <i>Nemesi L.</i> ) .....	284
4.5.1. A DANREG Program .....	284
4.6. Belső-Somogy és a Baranya-háromszög regionális geofizikai kutatása ( <i>Draskovits P.</i> ) .....	290
4.6.1. Mérnök-geofizikai szondázások .....	290
4.6.2. Közepes mélységű geoelektromos kutatás .....	291
4.6.3. Nagy mélységű vizsgálatok .....	291
4.6.4. Magyarmecske .....	292
4.6.5. Mélyfúrás-geofizikai vizsgálatok .....	294
4.6.6. A drávai vízlépcső .....	295
4.7. Légi geofizikai és távérzékelési kutatások ( <i>Kiss J.</i> ) .....	296
4.7.1. „Légi Geofizikai és Távérzékelési Projekt”, illetve Laboratórium .....	296
4.7.2. Légi geofizikai felmérések története Magyarországon (1960–2007) .....	298
5. Vízkutatás és környezetvédelmi célú kutatások ( <i>Bodoky T., Draskovits P., Fejes I.<sup>†</sup>, Hobot J.<sup>†</sup>, Kovács A. Cs.</i> ) .....	301
5.1. Vízkutatás ( <i>Hobot J.<sup>†</sup></i> ) .....	302
5.1.1. Vízkutató geofizikai mérések .....	302
5.1.2. A Maros hordalékkúpjának kutatása .....	315
5.1.3. Mohács szigeti vízkutatás .....	319

5.1.4. A Rába-terasz és hordalékkúpjának kutatása .....	319
5.1.5. A Mura és a Kerka folyók alluviumának kutatása ( <i>Hobot J.<sup>†</sup>, Draskovits P.</i> ) .....	320
5.1.6. Újabb vízkutatás a Rába mentén ( <i>Hobot J.<sup>†</sup></i> ) .....	322
5.1.7. A Kisalföld regionális vízkutatása .....	323
5.2. Környezetvédelemi célú geofizikai kutatások ( <i>Fejes I. <sup>†</sup></i> ) .....	327
5.2.1. Kis mélységű mobilis szennyeződések kutatása .....	329
5.2.2. Radioaktív hulladék-lerakók építésének előkészítése, állapotának ellenőrzése .....	332
5.2.3. A MÉV ipari szennyvíztárolóinak vizsgálata ( <i>Draskovits P.</i> ) ....	335
5.2.4. A földtani veszélyforrások kutatása ( <i>Kovács A. Cs., Bodoky T.</i> )	336
6. Mérnök-geofizikai és bányabeli geofizikai kutatások ( <i>Baráth I., Bodoky T., Fejes I.<sup>†</sup>, Hermann L.<sup>†</sup>, Plank Zs., Pattantyús Á. M.</i> ) .....	341
6.1. Az Intézet mérnök-geofizikai tevékenysége 1990-ig ( <i>Fejes I.<sup>†</sup></i> ) .....	342
6.1.1. Térképezés .....	342
6.1.2. Külfejtések és létesítmények vizsgálata .....	346
6.1.3. Egyebek .....	351
6.2. Bányabeli geofizikai kutatások (1974–1989) ( <i>Bodoky T.</i> ) .....	354
6.3. Mérnök-geofizika 1990 után: szeizmikus kutatások ( <i>Hermann L.<sup>†</sup></i> ) .	363
6.3.1. Rezgésmérés .....	365
6.3.2. Geotechnika .....	367
6.3.3. Szeizmikus tomográfia .....	367
6.3.4. Refrakció, downhole .....	368
6.3.5. Crosshole .....	368
6.3.6. A Rayleigh-hullámokon alapuló vizsgálatok .....	372
6.3.7. Üregkutatás .....	375
6.3.8. Vízi mérések .....	375
6.4. Mérnök-geofizika 1990 után: geoelektromos kutatások ( <i>Plank Zs.</i> ) .	377
6.4.1. Előzmények .....	377
6.4.2. Geoelektromos kutatás a Mérnökgeofizikai Főosztályon ....	377
6.4.3. A mérések legfontosabb alkalmazási területei .....	381
6.5. A földradarmódszer alkalmazása ( <i>Pattantyús Á. M.</i> ) .....	384
6.6. Geofizika a régészet szolgálatában ( <i>Pattantyús Á. M.</i> ) .....	387
6.7. Radiológiai vizsgálatok ( <i>Baráth I.</i> ) .....	394



7. Geofizikai adatbázisok (Jánváriné Kántor I., Kovács A. Cs., Lendvay P., Sőrés L., Szabó Z.) .....	399
7.1. Gravitációs és földmágneses adatbázisok (Szabó Z.) .....	400
7.2. VESZ és tranziens adatbázisok (Sőrés L.) .....	403
7.2.1. Vertikális elektromos szondázások .....	403
7.2.2. Elektromágneses tranziens szondázások .....	404
7.2.3. Egységes geoelektromos–elektromágneses adatbázis, az OGA-GAIA rendszer .....	405
7.2.4. Szabványos adatbázisok és a nyivánosság: a GEOMIND és KINGA projekt .....	406
7.3. Szeizmikus adatbázisok (Jánváriné Kántor I.) .....	408
7.4. Mélyfúrás-geofizikai adatbázisok (Lendvay P.) .....	410
7.5. Litoszféra adatbázis (Kovács A. Cs.) .....	413
8. Műszer- és módszerfejlesztés (Baráth I., Bodoky T., Kakas K., Kovács B., Szabó Z., Verő L.) .....	415
8.1. Szeizmikus műszer- és módszerfejlesztés (Kovács B., Bodoky T.) ...	416
8.1.1. Szeizmikus műszerfejlesztés (Kovács B.) .....	416
8.1.2. Szeizmikus módszerfejlesztés (Bodoky T.) .....	445
8.2. A mélyfúrás-geofizikai műszer- és módszerfejlesztés (Baráth I.)....	462
8.2.1. Mélyfúrás-geofizikai műszerek fejlesztése és előállítása .....	462
8.2.2. Mélyfúrás-geofizikai csörlőrendszerek .....	479
8.2.3. Mélyfúrás-geofizikai szondák (lyukműszerek) .....	482
8.2.4. Mélyfúrás-geofizikai módszertani kutatások .....	487
8.2.5. A számítógépes karotázsfeldolgozás fejlődése .....	508
8.2.6. Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázis (MKMB) .....	516
8.3. Geoelektromos módszer- és műszerfejlesztés (Kakas K., Verő L.)...	519
8.3.1. Bevezetés .....	519
8.3.2. Vertikális elektromos szondázás (VESZ) és gerjesztett polarizációs mérés (GP) .....	523
8.3.3. Új módszerek a nyersanyagkutatásban .....	538
8.3.4. Nagy mélységű kutatások fejlesztése .....	550
8.3.5. Kis mélységű kutatások .....	557
8.3.6. Mérnök-geofizikai szondázás .....	559
8.3.7. Az ELGI-ben használt geoelektromos műszerek, műszerfejlesztés vagy -vásárlás .....	561

8.4. Gravitációs és mágneses módszer- és műszerfejlesztés (Szabó Z.) ..	565
8.4.1. Sűrűségproblémák .....	565
8.4.2. Hegyvidéki gravitációs mérések módszertani kérdései .....	567
8.4.3. Hatószámítások .....	568
8.4.4. Anomáliatérképek másodlagos feldolgozása .....	570
8.4.5. A medencealjzat mélységének térképezése .....	572
8.4.6. Szerkezetkutatás .....	574
8.4.7. Kéregkutatás .....	574
9. Külföldi kutatások (György L., Hegedűs E., Hobot J. <sup>†</sup> , Kakas K., Kónya A., Polcz I., Ráner G. <sup>†</sup> , Zsille A.) .....	579
9.1. Mongóliai expedíciók (Zsille A., Hobot J. <sup>†</sup> ) .....	580
9.1.1. Vízkutató expedíciók .....	580
9.1.2. Komplex geofizikai kutatások a távlati célú vízfeltárás érdekében .....	584
9.1.3. Geofizikai mérések a földtani térképezés kiegészítésére ....	591
9.1.4. Ércindikációs revíziós kutatások .....	593
9.1.5. Nemzetközi Földtani Expedíció .....	597
9.2. Kubai expedíciók (Polcz I., Kakas K.) .....	607
9.2.1. Részvétel a Földtani Alapadattár, az ásványi nyersanyagok nemzeti nyilvántartása megszervezésében és munkájában ..	607
9.2.2. Kuba Oriente tartomány 1:250 000 méretarányú egységesített földtani térképezése .....	608
9.2.3. Műszaki Tudományos Együttműködés a Kubai Köztársaság Bányászati, Tüzelőanyag és Kohászati Minisztérium Földtani és Geofizikai Főigazgatósága és a Magyar Népköztársaság Központi Földtani Hivatala között (1974–1980) .....	609
9.2.4. Műszaki Tudományos Együttműködés a Kubai Köztársaság Alapanyagipari Minisztériuma és a Magyar Népköztársaság Központi Földtani Hivatala között (1981–90) .....	609
9.3. Görögországi expedíciók (Kónya A., Hegedűs E., György L.) .....	614
9.3.1. Alexandreia, 1980 .....	614
9.3.2. Orestias, majd Arta, 1981 .....	616
9.3.3. Ioanina, majd Pyrgos, 1982–1983 .....	617
9.4. Ausztriai mérések (Ráner G. <sup>†</sup> ) .....	619
9.4.1. Az ausztriai mérésekről általában .....	619

9.4.2. Az expedíciók tevékenységének évenkénti rövid ismertetése .	622
9.5. Szlovákiai munkák ( <i>Ráner G.<sup>†</sup></i> ) .....	629
9.5.1. Bevezetés .....	629
9.5.2. A Szlovákiában végzett geofizikai mérések fontosabb feladatainak ismertetése .....	631
9.5.3. Az expedíciók évenkénti rövid ismertetése .....	634
9.6. Expedíció Iránban ( <i>Kakas K.</i> ) .....	638
9.6.1. Vízkutatás Khatunabádban, 1974 .....	638
9.6.2. A Sabalan vulkán graviméteres felmérése, 1977–1978 .....	639
9.6.3. Mérnökszeizmikus mérések a Zagrosz helységben, 1978 ....	640
10. Az eddig nem tárgyalt intézeti egységek és tevékenységek ( <i>Bodoky T., György L., Hegybíró Zs., Jávorka P.-né, Mészárosné Jelinek B., Németh L., Scholtz P., Szabóné Kilényi É., Szalai J., Tímár Z., id. Zilahi-Sebess L.<sup>†</sup></i> ) .....	641
10.1. Számítógépközpontok ( <i>id. Zilahi-Sebess L.<sup>†</sup>, Tímár Z., Scholtz P., Bodoky T.</i> ) .....	642
10.1.1. MINSZK-2 – Felkészülés a számítástechnika intézeti bevezetésére (1965–1970) .....	642
10.1.2. MINSZK-32 – Az Intézet digitális kutatólaboratóriuma és első saját számítóközpontja (1970–1978) .....	644
10.1.3. R-35 – Az Intézet második számítóközpontja (1979–1987) ...	645
10.1.4. Terepi mobil geofizikai számítóközpontok (1982–1984) ....	647
10.1.5. R-61/68 alias IBM-4361 – Az Intézet harmadik számítógép-központja (1988–1992) .....	649
10.1.6. A SUN munkaállomások (1993) .....	650
10.2. Műszaki Osztály ( <i>György L.</i> ) .....	651
10.3. Szerkesztési és Finommechanikai Osztály ( <i>Szalai J.</i> ) .....	653
10.4. Egyeztető, majd Tudományos Koordinációs Osztály ( <i>Szabóné Kilényi É., Hegybíró Zs.</i> ) .....	654
10.4.1. Könyvtár ( <i>Jávorka P.-né, Mészárosné Jelinek B.</i> ) .....	655
10.4.2. Adat- és jelentéstár ( <i>Szabóné Kilényi É.</i> ) .....	661
10.4.3. Kiadványszerkesztés ( <i>Szabóné Kilényi É., Hegybíró Zs.</i> ) .....	664
10.5. József Attila Intézet, szakszervezet, üdülés ( <i>Németh L.</i> ) ....	669
10.5.1. Bevezetés .....	669
10.5.2. Az üdültetésről .....	671

11. Báró Eötvös Loránd-Emlékgyűjtemény ( <i>Baráth I., Szabó Z.</i> ) .....	673
11.1. Báró Eötvös Loránd-Emlékgyűjtemény .....	674
11.2. Eötvös Loránd személyes relikviái és geofizikai műszerei .....	681
11.3. Az Eötvös-ingák bemutatóterme .....	684
11.4. Az Eötvös utáni korszak geofizikai műszereinek kiállítása ( <i>Baráth I.</i> ) .....	685
11.5. A múzeumpedagógiai terem .....	695
Függelék ( <i>Baráth I., Bodoky T., Hegybíró Zs., Kakas K., Kiss J., Verő L.</i> ) .....	697
A kötet szerzői (tudományos minősítésük feltüntetésével) .....	698
Az Intézet szervezeti felépítésének vázlata 1984-ben .....	699
I. táblázat (4.2. szakasz) – Áttekintés a dunántúli nyersanyagkutató geofizikai mérésekről ( <i>Kakas K.</i> ) .....	700
II. táblázat (4.2.5. szakasz) – A Bakonyoszlopon végzett munka időbeli megoszlása geofizikai módszerenként ( <i>Tóth Cs.</i> ) .....	704
III. táblázat (4.7. szakasz) – A hazai légi geofizikai mérésekről készített jelentések és publikációk listája ( <i>Kiss J.</i> ) .....	705
IV. táblázat (8.2.3. szakasz) – Az ELGI által fejlesztett és gyártott mélyfúrás-geofizikai szondák összefoglaló táblázata ( <i>Baráth I.</i> ) .....	714
V. táblázat (8.2.3. szakasz) – Mélyfúrás-geofizikai műszereladás 1965 és 1993 között (export) ( <i>Baráth I.</i> ) .....	715
VI. táblázat (8.3.7.1. szakasz) – Az intézeti fejlesztésű geoelektromos műszerek áttekintése ( <i>Verő L., Kakas K.</i> ) .....	724



# A Kiadó előszava

Tisztelt Olvasó!

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet még az Intézet alapításának 2007-ben esedékes centenáriuma előtt elindította saját történetének összegyűjtését és megírását. Az intézettörténet első része, amely a kezdetektől 1964 végéig foglalja össze az Intézet alakulását és tevékenységét, *dr. Polcz Iván* lelkiismeretes feltáró-kutató munkájának eredményeként még a centenárium előtt elkészült és 2003-ban meg is jelent könyvalakban.

A munka folytatása – vagyis a történet második felének megírása – azonban sokkal nagyobb feladatnak bizonyult, és eredeti szándékunktól eltérően sajnos azt nem tudtuk az Intézet 100. születésnapjára megjelentetni. Ezen persze nem is lehet csodálkozni, mert ebben az időszakban – egy részében legalábbis – az Intézetnek nagyságrenddel több munkatársa és rendkívül sokrétű, kiterjedt tevékenysége volt. Világszerte ismert és elismert fejlesztő- és kutatóintézetté vált, munkatársai a világ legkülönbözőbb részein dolgoztak. Fejlődésének ívét azonban megtörte a történelem, vagyis a Szovjetunió és érdekszférájának válsága, majd felbomlása. Az úgynevezett rendszerváltást átgondolatlan és ideológiai alapon történő szakmaiatlan átszervezések követték, ami a szétszóródó egykori munkatársak és az egyes tevékenységek ismerőinek elérését egyre nehezebbé tette. Így a történetnek ez a része csak megkésve látott napvilágot. Megjelentetését mégis nagyon fontosnak tartom, mert az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története nemcsak a magyar tudománytörténetnek, hanem – ahogy ezt az idén száz éve született Simonyi Károly professzor munkássága is bizonyítja – az ország kultúrtörténetének is fontos része.

Budapest, 2016. november 2.

*Dr. Fancsik Tamás,*  
a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet igazgatója

# A szerkesztők előszava

Tisztelt Olvasó!

1907-től számítjuk az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) indulását. Első kötetünkben az eötvösi évektől kiindulva végigjártuk az Intézet kialakulásának és fejlődésének történetét 1964-ig. Ez az első, 58 éves időszak az úttörésé volt, ezt követte a második, 25 évet kitevő rész (1965–1989), az Intézet aranykora, végül lezárul az Intézet története a harmadik szakasszal (1990–2012), amelyet ma még nehéz minősíteni.

Jelen kötetünkben a második és harmadik szakasz történetét ismertetjük. Igyekszünk felvázolni azt a gazdasági, személyi, szervezeti, sőt politikai hátteret, amely alapvetően meghatározta a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet sorsát, és bemutatni azt a rendkívül sokrétű tevékenységet, amely az Intézetben folyt. Ezzel párhuzamosan fontosnak tartjuk láttatni azt az óriási technikai fejlődést is, amelynek az Intézet nemcsak követője, hanem néhány területen aktív mozgatója is volt.

Éppen az Intézet tevékenységének sokrétősége, a párhuzamosan folyó programok sokasága miatt el kellett térnünk az első kötet időrend szerint történő szerkesztésétől. Megpróbáltuk a tevékenységeinket szakmai feladataik, jellegeik alapján csoportosítani, az időrendet csak az egyes témákon belül véve figyelembe. Csoportosítani azonban igen sokféleképpen lehet, és bárhogyan is indultunk neki, mindig maradtak „kakuktktojások”, a csoportok egyikébe sem illő témák. Így nem csoda, hogy a kötet első, lektorálásra közreadott változatát egyik kedves kollégánk „salátaanyagnak” titulálta. A kritika már csak azért is jogos, mert éppen a témák sokrétősége miatt a kötetnek igen sok szerzője van, és az egyes részek a kezdetben elhangzott szerkesztői óhajok ellenére is legtöbbször markánsan magukon viselik szerzőik stílusát. A kötet szerkesztőinek pedig egyetlen módja a kötet formálására a szerzőkkel szemben kinyilvánított kérések és köszönetek lehetősége volt. De ezen túlmenően is, a kötet anyaga közel tíz év alatt állt össze, és az elhúzódó szerkesztés sem éppen az egységes stílus irányában hatott. A kötet végső szerkezete is a kollektív bölcsesség révén alakult ki. Olyan lett, mint a ma oly sokat emlegetett „demokrácia”, a lehetőségek közül



reményeink szerint a legjobb, de azért senkinek sem tetszik maradéktalanul. Az anyagon mind a szerzők, mind a szerkesztők, mind pedig a lektorok önkéntesen, szakmaszeretetből dolgoztak. Különösen ki kell emelnünk *Verő László* munkáját, aki az egész kötetet átnézte, és akinek a kötet végleges szerkezetének kialakításában is meghatározó szerepe volt.

Ugyancsak a lektori körben kaptuk a kérdést, hogy mégis kiket tekintünk a könyv „célcsoportjául”, és mit akarunk nekik üzeni ezzel a könyvvel. Erre a nagyon is pragmatikus kérdésre nem tudunk a „kor követelményeinek megfelelő” választ adni. A célcsoport tulajdonképpen *mi magunk* vagyunk, a kötetrel emlékművet szeretnénk állítani az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetnek, amelyet szerettünk, és amelynek a teljesítményeire, hírére – valljuk be – büszkék is voltunk, mert igen jól csengő, nemzetközileg ismert és elismert név volt az „Eötvös Intézet” neve. Az ilyen, kiemelkedő tudósokhoz kötődő, nagy múltú, jól ismert intézmények mind a tudományban, mind a gazdaságban igen sokat jelentenek, más népeknél a nemzeti büszkeség tárgyai (pl. a franciáknál a Pasteur Intézet). Fájlaljuk, hogy ez nálunk, Magyarországon nem így van.

A szerzők neveit a fejezetek nagy száma miatt csak egyszer, az általuk írt rész első címe után írjuk ki, a szerzői név újra csak akkor jelenik meg, ha az újabb résznek már más a szerzője. A szerzők tudományos fokozatát csak a Függelékben közölt szerzői névsorban jelezzük.

Eredetileg a Függelékben akartuk szerepeltetni az Intézetben a feldolgozott időszak alatt dolgozó kutatók névsorát és tudományos fokozatukat, szembe-sülve azonban azzal, hogy gyakorlatilag lehetetlen egy legalább megközelítőleg teljes névsort összeállítani, eltekintettünk ettől. Sok pontban azonban a szerzők felsorolják az aktuális témán dolgozók neveit, ehhez a szerzői jogok tiszteletben tartásának jegyében nem nyúltunk, nem próbáltuk meg ebben a vonatkozásban sem egységesíteni az egyes részeket.

Ugyancsak a Függelékben szerepelt még egy megemlékezés- és anekdota-gyűjtemény, ezt részben terjedelmi okokból szintén kihagytuk.

Végül, azt mondják, hogy a legértékesebb kézi szövésszerű keleti szönyegek mintázatában mindig van valahol egy hiba, mert egyedül a Mindenható tökéletes, és az igazhitű muzulmán bűnnek tekinti a vele való versengést. Nos, ezt a vétket – mármint a versengést – ezzel a kötettel mi minden bizonnyal elkerüljük. Legbuzgóbb igyekezetünk ellenére is a könyvben maradhattak hibák, hiányosságok és átfedések. Ennek ellenére reméljük, hogy a könyv tárgyáról jó összefoglalást, szemléletes képet ad, bemutatja, hogy mit köszönhetett Magyarország

Eötvös intézetének az Intézet fénykorában és az Intézet működésének záró szakaszában. Azoknak, akik ennél többet szeretnének az egyes témákról megtudni jelezzük, hogy az 1966 és 1990 közötti időszakban évenként nyomtatásban megjelent, színes mellékletekkel ellátott évi jelentések (*A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet ... Évi Jelentése*) mintegy 6500 oldala hűen tükrözi az Intézet tevékenységét. Ezekből világosan kirajzolódnak a fejlődés, a kutatási témák évről évre növekvő sokfélesége, a hazai föld földtani megismerése érdekében végzett munka eredményei, és a külföldön folytatott kutatások sikere is. Az ezt követő időszak eredményei – ha nem is az Intézet *Évi Jelentéseinek* részletességével – 2005-ig megtalálhatók a Magyar Geológiai Szolgálat által kiadott éves jelentésekben. Az adatok legfontosabb forrásai azonban a tárgyalt időszakban kiadott intézeti kutatási jelentések, az irodalomjegyzékben ezekre nagy számuk miatt (több mint 3000) nem hivatkozunk minden esetben. Az érdeklődők a kutatási téma és a szerző(k) ismeretében az adattárban (a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Földtani és Geofizikai Adattárában) tájékozódhatnak.

Budapest, 2015. július 2.

*Bodoky Tamás, Polcz Iván*

# 1. fejezet

## **A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) helyzete, szervezeti felépítése, tevékenysége és finanszírozása 1965-től 2012-ig**

*Baráth István, Bodoky Tamás, Hegymegi László, Jánvári János,  
Posgay Károly, Ráner Géza<sup>†</sup>, Simon András, Verő László*

## 1.1. Az Intézet 1965 és 1994 között

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet történetének első kötete 1964-gyel, az „inter-regnum” évével zárul. Ebben az évben *Fülöp József*, a Földtani Intézet igazgatója egy személyben a Geofizikai Intézet igazgatójaként is működött, a gyakorlatban azonban az Intézetet az igazgatóhelyettesek irányították. Ezért tekinthetjük az év egyik legjelentősebb és a következő évtizedeket is meghatározó eseményének, hogy 1965. január 1-jei hatállyal *dr. Kertai György*, a Központi Földtani Hivatal (KFH) elnöke *dr. Müller Pál* személyében a Geofizikai Intézet élére új igazgatót nevezett ki.



Dr. Müller Pál

*Müller Pál* Salgótarján környéki tanítócsaládból indult, Leningrádban szerzett diplomát, és a dnyepropetrovszki Bányászati Akadémián kandidált. Szakmai tapasztalatait a mecseki uránbányánál szerezte, innen került mai mértékkel mérve nagyon fiatalon, mindössze 33 évesen, az Intézet igazgatói székébe. Új szerepkörében működését energikusan és nagy eréllyel kezdte.

Öt évtized távlatából visszatekintve *Müller Pál* gazdasági vezetőként sokszor messze a saját kora előtt járt. Évekre vagyunk még az „új gazdasági mechanizmus” hivatalos és később, sajnos, félúton elakadt reformtörekvéseitől, amikor az Intézetben bevezeti a határozottan teljesítményelvű, szigorú beszámoltatásokhoz kötött munka- és jutalmazási rendszert, és még senki

sem hallott a ma már egyetemeken oktatott „mátrixrendszerű” szervezeti felépítésről, amikor az Intézet szakmai tevékenységében megvalósítja a vertikális intézeti hierarchia mellett működő horizontális, szervezeti egységeken átnyúló kutatási témarendszert. Mindkét újítása nagyon jól működött. Tevékenysége mögött sok küzdelem volt, mert a kor szellemének megfelelően sokan nem tudták elfogadni az ELGI így kialakuló sokrétű és pragmatikus tevékenységét.

Müller Pál nagyon tág hazai és külföldi kapcsolatrendszert alakított ki. Bátoran nyitott nyugati irányban is. A következő évek alakulására kiható, fontos tényező volt, hogy kapcsolatait az Intézet érdekében mindig kitűnően tudta kamatoztatni.

Az Intézetet az „interregnum” évében irányító igazgatóhelyettesek közül a Központi Földtani Hivatal elnöke *Ádám Oszkár*t a Hivatal Kutatási Főosztályának vezetőjévé nevezte ki. Ez ugyan az Intézetre nézve szerencsés fejlemény volt, mert ő irányította és támogatta ezután a két intézet (ELGI, MÁFI) állami kutatási feladatait, de távozásával az Intézet elveszített egy kiváló szeizmikus szakembert. *Honfi Ferenc* Müller Pál helyettese maradt, és számos, nem kimondottan szakmai területen (pl. a Műszaki Osztály felügyelete) sok fontos feladatot látott el.

Az „interregnum” időszakában felmerült a szeizmika megszüntetésére és a mélyfúrási geofizika fejlesztésére vonatkozó elképzelés is. *Müller Pál* azonban világosan látta, hogy az eötvösi hagyományokat követő intézet nem mondhat le az alkalmazott geofizika világszerte legszélesebb körben művelt kutatási módszeréről.

Az új igazgató a szakmai irányítást meghagyta a szakmai osztályvezetők kezében, és – sok súrlódást is vállalva – bizonyos mértékben a gazdasági irányítást is. Így a Szeizmikus Osztály vezetője továbbra is a széles látókörű, nagy tudású és nemzetközi normákban gondolkodó *Posgay Károly* maradt, aki megfontolt, diplomatikus természetével igen jól egészítette ki a dinamikus, ifjú igazgatót, és bár az intézeti hierarchiában ez így nem jelent meg, a következő huszonöt évben súlyát tekintve ő volt az Intézet második embere.

A Geoelektromos Osztályt a tehetséges és örökvidám *Erkel András*, az Ipari Karotázs<sup>1)</sup> 1964 végi kiválását követően megmaradt mélyfúrás-geofizikai tevékenységet pedig *Sebestyén Károly* irányította. Az Obszervatóriumi Osztály vezetője ekkor még a nemzetközileg elismert szaktekintély, *Barta György*, a tihanyi Földmágneses Obszervatórium megalapítója volt.

Az intézeti hierarchia tagjai mellett szólnunk kell még az új témarendszer vezetőről is. A témarendszer mozgósította a kutatókat, a diplomások mintegy 30%-a vett részt témák, résztémák irányításában egyre lelkesebben keresve már nemcsak a szakmai, de a piaci lehetőségeket is. Ez olyan munka volt, amelyet a

---

<sup>1)</sup> A karotázs szó a szovjet geofizikai irodalomból átvett elnevezés a mélyfúrási geofizika megnevezésére. Eredetileg franciából vették át, a *la carotte* (= sárgarépa) szóból származik. *La carottage*: a szonda lebocsátása és mozgatása a fúrólyukban, ill. a fúrólyuk geofizikai vizsgálata

szűk vezetőség egyedül nem tudott volna elvégezni, így a témavezetők aktivizálásával az Intézet komoly erőforrásokhoz jutott. Az Intézet vezetésének új, cél-tudatos irányvonala hamarosan meghozta gyümölcsét. A hatvanas évek második felét a gyors fejlődés és az Intézet létszámának folyamatos emelkedése jellemzi. Fokozatosan kicserélődik az elavult és meglehetősen rossz állapotban lévő intézeti műszer-, gép-, illetve gépkocsiállomány (kezdetben több, a világháborúból itt maradt terepjáró gépkocsi szolgált még). Kialakul egy egységes finommechanikai műhely, a különböző műszerfejlesztő csoportok és laboratóriumok osztályokká szerveződnek, és ekkor indul a digitális számítógépek térhódításának előkészítése is.

Ekkor érnek be a már korábban elindított műszerfejlesztések, amelyek közül talán legfontosabb a magnetofonos regisztrálású szeizmikus műszer (SZM 24+6) elkészülte és munkába állása. A mélyfúrás-geofizikai fejlesztések terén is sikert hozott a K-500 és K-300 felszíni műszercsalád az ezekhez kifejlesztett szondákkal. Valamint ekkor kezdődött a hazai és mongóliai közepes mélységű kutatásokhoz szükséges geoelektromos műszerek fejlesztése és előállítása is. Ezek a műszerek nemcsak az intézeti csoportoknak jelentettek korszerű és megbízható munkaeszközöket, hanem jó néhányat el is adtak belőle.

Talán ezekhez az évekhez köthetjük az intézeti gazdálkodás „három lábának” kialakulását és tudatossá válását. A három láb: az államilag (a Központi Földtani Hivatal révén) finanszírozott alapkutatási, földtani, módszer- és műszerfejlesztési témák, a külső, általában ipari megrendelésre és finanszírozással végzett alkalmazott kutatások, és végül a saját igényeken túlmenő, piacra is történő műszerfejlesztés és -gyártás.

Az igazgatónak még a hatvanas években sikerül az intézeti székház fél évszázadon át vajúdo kérdését is dűlőre vinnie. Az Intézet megkapja a Thököly út és a Kolumbusz utca sarkán lévő üres, addig tenisz-, illetve télen korcsolyapályaként használt telkeket, és elindítja e telkeken a kor stílusának és az Intézet anyagi erejének megfelelően egy hatemeletes „központi laboratórium” építését (akkor még nem nevezhattük székháznak, mert székház építésére az állam nem adott engedélyt). A hiányzó építőipari munkaerőt az Intézet terepi csoportjainak segéd munkás létszámából teremti elő. Az épület 1970-re elkészül, és még ebben az évben megtörténik a beköltözés is. Az ekkor még igen tágas és kitűnő munkakörülményeket biztosító székház nagyon jelentős előrelépést jelentett az Intézet további életében. A különböző laboratóriumok jól kialakított és felszerelt helységeket kapnak, sőt a beköltözéskor még nem is létező intézeti számítógép-

központnak is megvan már benne a megfelelő helye. Ekkor kerülhetett méltó helyre a könyvtár is, amely azóta az ország legnagyobb geofizikai szakgyűjteményévé vált.

Elsősorban a tudományos osztályoknak, illetve az adminisztrációnak helyet adó székház mellett megmarad és tovább fejlődik a Homonna utcai műszaki bázis, és a tihanyi Földmágneses Obszervatórium is. A Homonna utcában létrejön egy új mélyfúrás-geofizikai kalibrációs modellállomás.

A beköltözéssel párhuzamosan az Intézet szervezeti felépítése is átalakul, a szakmai osztályok főosztályokká alakulnak, és a főosztályokon belül osztályok és csoportok indulnak. Kialakul

a következő két évtized intézeti szervezete, először öt, majd hat szakmai egységgel. Ezek a Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály *Posgay Károly*, a Geoelektromos és Gravitációs Főosztály *Erkel András*, a Mélyfúrásgeofizikai Főosztály *Sebestyén Károly*, a Földfizikai Osztály ekkor már *Szabó Zoltán* (*Barta György* 1971-ben, *Egyed László* professzor 1970-ben bekövetkezett halálát követően, utódként az egyetemre távozott) vezetésével, valamint az Egyeztető és Értelmező Osztály *Szénás György* irányításával. Ezekhez kapcsolódnak még a Műszaki, a Pénzügyi, a Személyzeti Osztály és az Igazgatóság, továbbá a központi Finommechanikai és Szerkesztési Osztály *Szalai József* és *Baró Ferenc* vezetésével.

Az Egyeztető Osztály vezetője *Szénás György* geológus,

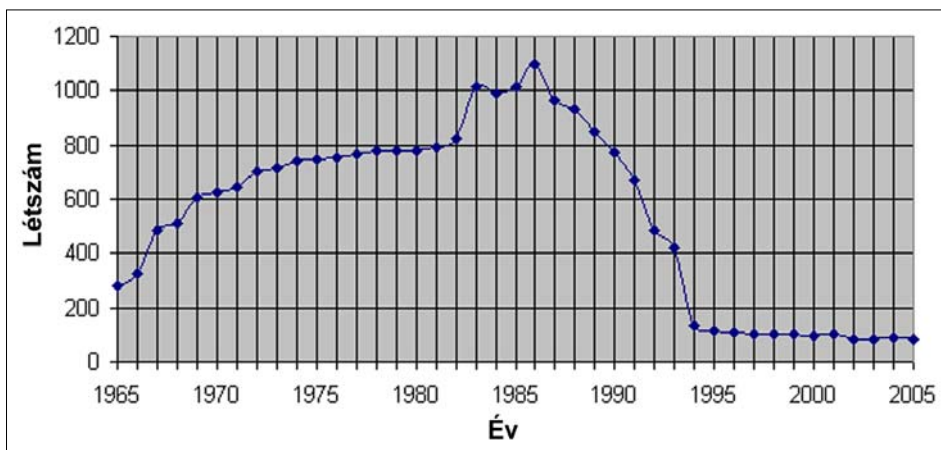


1-1. ábra. Az ELGI 1970-ben elkészült székháza  
(Fotó: Götze Krisztina)



a földtan és a geofizika kapcsolatát tág határok között is jól átlátó, kitűnő szakember, ő egyben az Intézet szaklapjának, a *Geofizikai Közleményeknek* (*Geophysical Transactions*) a főszerkesztője is. Az ő hatáskörébe tartozik a jelentések lektorálása, amivel nem éppen szokványos széljegyzetei révén jelentős hírnévre tett szert.

1970-ben *Erkel András* főosztályából – elsősorban személyi okok miatt – *Szabadváry László* vezetésével egy szintén főként geoelektromos módszereket alkalmazó csoport – amely elsősorban bauxit-, szén- és vízkutatásra szakosodott – kiválik Dunántúli Ásványkutató Osztály (1978-tól Szilárd Ásványtelepek Kutatási Főosztály) néven. *Erkel András* főosztályának új neve Érc és Mérnökgeofizikai Főosztály lett.



1-2. ábra. Az Intézet létszámának alakulása a tárgyalt időszakban

Nagyon jól jellemzi az Intézet felfutását és későbbi sorsát az intézeti alkalmazottak létszámának évenkénti alakulása.

Hamarosan feláll és beindul a számítógépközpont, amely egy szovjet gyártmányú MINSZK-32 számítógépre épült, és bár kezdetben sok gond volt vele, jó iskolát jelentett mind a mérnökök, mind a programozók, mind pedig a számítástechnika iránt érdeklődő geofizikusok számára.

1971-ben a Magyar Tudományos Akadémia X. Osztályának<sup>2)</sup> a támogatásával terepre kerül az első intézeti fejlesztésű, digitális regisztrálású szeizmikus műszer, az SDT-1. Tekintve, hogy ennél a műszernél nincsenek olyan érzékeny finommechanikai gondok, mint analóg magnetofonos elődjénél, a siker gyors és átütő. A szeizmikus műszerfejlesztés Kovács Béla vezetésével még az évtized első felében elkészíti és sorozatgyártásba viszi az újabb szeizmikus műszert, az SD-10-et, amely már a korabeli legjobb nyugati műszerekkel is felveszi a versenyt. A sorozatgyártás a Német Demokratikus Köztársaság lipcsei Geofizikai Vállalatával történő együttműködésben valósul meg. Ebből a műszerből megint nemcsak a fejlesztő intézmények terepi csoportjait szerelik fel, hanem jelentős darabszámot el is adnak. A digitális technika intézeti bevezetésével kapcsolatban még meg kell említenünk Vincze János főkonstruktőrnek és az SDT-1 tervezőjének és megépítőjének, Németh Géának a nevét.<sup>3)</sup>

Hasonló ütemben fejlődik az intézeti fejlesztésű számítógépes feldolgozás is. Bár az OKGT (Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt) Szeizmikus Kutatási Üzeme mindezt készen vásárolja meg az Egyesült Államokból, még sincs az Intézetnek szégyenkeznivalója velük szemben sem.

A szeizmikus fejlesztésektől csak részben függetlenül – hiszen ugyanazt az ELGI-fejlesztésű digitális magnót használták – elkészült a digitális magnetotellurikus műszer, a DEF-1 a geoelektromos fejlesztő laboratóriumban, és ekkorra készülnek el a nagyobb mélységű fúrások vizsgálatára szolgáló K-600, K-1000 és K-1500 típusú mélyfúrás-geofizikai műszerek is. Az utóbbiakkal zárul az Intézetben a mélyfúrás-geofizikai fejlesztés analóg korszaka.

1974-ben Müller Pál és Posgay Károly elhatározza, hogy az Intézet – a szocialista táboron belül elsőként – kísérelje meg a vibrátoros szeizmikus kutatások beindítását. Ezt a szándékot a Központi Földtani Hivatalban Ádám Oszkár kutatási főosztályvezető is teljes mértékben támogatja, és segít az ehhez szükséges pénz előteremtésében. A vibroszeiz felszerelés – elsősorban a vibrátorok és a terepi korrelátor –, melyeket csak a nyugati világban lehetett megvásárolni, végül az Amerikai Egyesült Államokból 1975 őszén érkezett meg, és a következő év elején sikeresen meg is indultak az intézeti vibrátoros rengéskeltésű mérések.

---

<sup>2)</sup> Posgay Károly kérésére kapott anyagi támogatást az ELGI egy, a földkéreg kutatására alkalmas szeizmikus műszer kifejlesztésére. A támogatás elsősorban Szádeczky-Kardoss Elemér akadémikusnak volt köszönhető.

<sup>3)</sup> Posgay Károly, 1985: Az ELGI szeizmikus kutatásai. Kézirat, ELGI Könyvtára

A geoelektromos módszereknél nagyarányú beruházásra nem kerül ugyan sor, de folytatódik a műszerfejlesztés mind a magnetotellurika, mind a fajlagos ellenállás és gerjesztett polarizáció mérése – a GE és a DIAPIR műszerek – területén. A hazai geoelektromos kutatások szinte kizárólag magyar, főként intézeti gyártmányú műszerekkel folynak. A szocialista piac mellett ezek a műszerek eljutottak Finnországba, Irakba és Németországba is.

A 70-es évek második felében születik meg a K-3000, és a szocialista országok INTERGEOTECHNIKA együttműködésének keretében a KD-20 számítógéppel vezérelt mélyfúrás-geofizikai mérésadatgyűjtő. A K-műszercsalád kisebb analóg tagjai digitális egységgel (KD-10, KD-30) egészülnek ki. Ezekből a Szovjetunióba és a szocialista országokba sokat ad el az Intézet.

Az évtized második felében a hangsúly – és ezzel együtt a fejlődés is – szélesebb körben is áttevéődik a műszerfejlesztésre és az ezzel kapcsolatos, egyre kiterjedtebb nemzetközi kooperációra. Ennek súlypontja természetesen a Szovjetunióra és a szocialista országokra esik, de erősödnek a kapcsolatok a „táboron” kívüliekkel is. A nemzetközi kapcsolatok építésében meghatározó szerepet játszik *Müller Pál* mozgékonyasága és biztos tájékozódása a hatalmas piacot jelentő Szovjetunióban, ami sok lehetőséget teremt az Intézet számára.

A nemzetközi együttműködések közül – ha nem is a szakmai eredményeiket tekintve – kiemelkednek a mongóliai és kubai nemzetközi expedíciók, illetve az iraki műszereladási program. A mongóliai víz- és érckutató munkákban részt vevő száznál is több geofizikus és technikus számára igen jó iskola volt a többnemzetiségű csapatban szokatlan, néha mostoha körülmények között végzett munka. Itt geofizikusok és geológusok gyakran dolgoztak ugyanabban a terepi csoportban, ami szemléletmódjukat is alakította, és a hazainál sokkal gyorsabb, közvetlenebb és így eredményesebb geológus–geofizikus konzultációkra adott lehetőséget. Az Intézet külföldi expedíciói a földtani célok mellett egyben a fogadó ország szakembereinek oktatását, képzését is szolgálták, nem elhanyagolhatóan öregbítve ezzel a nagyvilágban az „Eötvös Intézet” hírnevét. A nemzetközi expedíciókkal kapcsolatban a szervezés gondjait vállaló és feladatait megoldó *Hobot József* és *Zsille Antal* szerepét kell kiemeljük.

*Szénás György* halála után, 1974-ben az Egyeztető Osztályt, a folyóirat és az évi jelentések szerkesztését *Kilényi Éva* veszi át. Az Adattár kiépítése is megindul, és az egység Tudományos Koordinációs Osztály néven működik tovább. 1977-ben a Mélyfúrásgeofizikai Főosztály vezetésében is változás történik: *Sebestyén Károly* nyugállományba vonul, és utóda *Morvai László* lesz.

A Földfizikai Osztály létrehozza az első időszakos múzeumi Eötvös-kiállítást a Tihanyi Bencés Apátság épületében, majd később állandó Eötvös-kiállítást rendez be az Observatórium főépületében.

A hetvenes évek végére az Intézet létszáma már közelíti a nyolcszázat, és gazdasági mutatóival országos viszonylatban harmadik helyre kerül a kutató-, illetve kutató-fejlesztő intézetek sorában.

A nyolcvanas évek kezdetére a világ kiheveri az 1973-as első olajválság sokkját, és a szénhidrogén-kutatás világszerte nagyon felélénkül. Az Intézetnek, amely a hatvanas évek közepétől egészen az ezredfordulóig rendszeresen végzett szénhidrogén-kutató méréseket az OKGT, később a MOL Rt. számára, ekkor nyílik kedvező lehetősége egy-egy nagyobb külföldi vállalkozás elindítására is. 1980-ban sikerül egy jelentősebb szeizmikus tendert megnyerni Görögországban, és ezzel a tesszáliai síkon végzett nyolchónapos munkával egy négy évig tartó görögországi szeizmikus expedíciós kutatás veszi kezdetét. Az ELGI szeizmikus kutatógárdája itt nemzetközi összehasonlításban is sikeresnek bizonyult, és ennek folyamányaként a továbbiakban görög és osztrák kutatási pályázatokat nyert neves, tőkeerős világcégekkel szemben. A görög expedíciós munka megszerzéséért az elismerés minden bizonnyal *Kónya Albertet*, eredményes elvégzéséért pedig *Jánvári Jánost* és *György Lajost*, az expedíció vezetőit illeti. Az expedíció bevételeire támaszkodva újabb vibrátorok és műszerek beszerzésére is sor kerülhetett. Ezt azért fontos megemlíteni, mert itt szakadt meg először az a hagyomány, hogy az Intézet elsősorban saját fejlesztésű műszereivel dolgozik.

A görögországi kutatásokkal kapcsolatban nem feledhető *Molnár Károly* és *Rádlér Béla* neve, akik az OKGT Geofizikai Kutatási Üzemének (OKGT GKÜ) akkori vezetői voltak, baráti segítőkészségük biztos háttérrel jelentett az Intézetnek az expedíció nehéz pillanataiban<sup>4)</sup>.

A Mélyfúrásgeofizikai Főosztály vezetésében 1982-ben ismét változás történik. *Morvai László* nyugdíjba vonulása után a moszkvai KGST kiküldetésből hazatért *Baráth István* veszi át a főosztályt.

A nyolcvanas évek közepére részben szovjet kooperációban megszületett a teljes mélyfúrás-geofizikai szondapark, és a KD-80 (MOLE) mikroprocesszoros vezérlésű mérőberendezés. A Homonna utcai modelltelep pedig ekkorra Országos Kútgeofizikai Metrológiai Bázissá alakult.

---

<sup>4)</sup> Posgay Károly, 2009. Az ELGI és a szénhidrogén-kutatás néhány kapcsolatáról. *Bányászati és Kohászati Lapok, Kőolaj és Földgáz*, 142/5. 15. old.

A geofizikai műszerek fejlesztése terén a világban ekkortájt beindult versenyben azonban az Intézet egyre kevésbé képes a lépést tartani, és fokozatosan nő a lemaradása a maga közel ötszázfős fejlesztő- és gyártókapacitása ellenére is. Ennek egyik oka talán e meglehetősen nagy kapacitásnak a nagymértékű széttagoltsága. Igen sokféle eszközt és egyre többfélét fejleszt az Intézet az akusztikus karotázs szondától a színes szelvényíró plotterig, a tengeri szeizmikus adatgyűjtőtől a sujtólégbiztos bányabeli mérőeszközökig, szeizmikus telemetrikus műszertől a mobil terepi szeizmikus adatfeldolgozó központig, a geoelektromos módszerek számára terepi számítógéptől az újabb digitális tellurikus, magneto-tellurikus és egyenáramú műszerekig. Így egy-egy még oly fontos fejlesztésre is legfeljebb csak egy kisebb laboratórium, néhány ember jut, mert a nyolcvanas évek erősen specializálódó világában a polihisztorok kora már lejárt. A lemaradás másik okaként talán a szocialista világ kereskedelmi rendszerének igen bonyolult és nehézkes voltát kell említenünk. Ugyanakkor a hetvenes évek lendületének megtöréséről beszélve nem feledkezhetünk meg a legfontosabb tényezőről, az évtized végére a szocialista világrendszernek a teljes összeomlásához vezető gazdasági válságáról sem. Ennek hatása alól az Intézet sem vonhatta ki magát, így a nyolcvanas évek második fele – még ha alig-alig érezhetően is – már leszálló ágban találja az Intézetet. Ennek ellenére a prosperitás – mindekelőtt a szocialista táboron belüli kooperációknak köszönhetően – egészen a kilencvenes évekig kitartott. A kisebb geofizikai műszerek – elsősorban a mérőnszeizmikus ESS, vagy a víz és a szulfidos ércek kutatását szolgáló – fajlagos ellenállást és indukált polarizációt mérő DIAPIR család tagjai, valamint a különféle mélyfúrás-geofizikai eszközök éppen ezekben az években az Intézetnek nagyon nagy számban és sok országba eladott termékeivé váltak.

A nyolcvanas évek során az adott időszak gazdasági környezetéhez történő alkalmazkodásaként az Intézet lehetővé teszi munkatársainak, hogy egyes különfeladatokra, munkaidőn túli munkákra (pl. hétvégi bányabeli mérések) gazdasági munkaközösségeket hozzanak létre, illetve speciális gyártási feladatokra kisvállalatokat alapítsanak. Ilyen kisvállalat volt a nagy számban eladott színes szelvényírók (plotterek) gyártására alakult GEODOT, vagy a környezetvédelmi és kármentesítési feladatokra szakosodott ELGOSCAR Kft. Ezek a gazdasági szervezetek később sok területen átvették és kivitték az Intézetből annak egyes piaci tevékenységeit.

Az évtized közepén váratlan és tragikus módon oldódik meg a geoelektromos módszerek és szakemberek intézeti megosztottsága. Viszonylag fiatal-

lon, hirtelen meghal *Erkel András* (1984), és a korábban kettévált főosztálya ismét egyesül, ezúttal *Szabadváry László* vezetése alatt.

A nyolcvanas években a magyar geofizika és ezen belül az Intézet nemzetközi elismertsége még igen jelentős. Ki kell emelni, hogy tudományos eredményein és a sikeres külföldi munkákon túl az ELGI vezetésével vagy közreműködésével került számos geofizikai műszer gyártásba, illetve hazai használatba és a világ sok országába exportra.

Nem véletlen, hogy a szocialista táborban először (és most már véglegesen egyedülként) Budapesten rendezte meg a hollandiai székhelyű, nagy nemzetközi, szakmai egyesület, az EAEG (European Association of Exploration Geophysicists) éves kongresszusát 1985-ben. Az Intézet rangját igazolja, hogy a kongresszus szervezésében és lebonyolításában számos munkatársa vett részt *Müller Pál* meghatározó szerepe mellett. Ennek lett következménye az is, hogy közel egy évtizeddel később, 1994-ben az Intézetből került ki az EAEG elnöke, *Bodoky Tamás* személyében, akit egy újabb évtized múlva, 2005-ben a szervezet tiszteleti tagjává is megválasztottak, majd két cikluson át volt a Szakmai Programbizottság elnöke *Verő László*. Ebben a tisztségben őt később szintén az Intézetből *Törös Endre* követte. Az időközben EAGE-vé átalakult szervezetben (European Association of Geoscientists & Engineers) 1995-ben *Bodoky Tamás* a Geofizikai Szakosztály, majd 2006 és 2008 között *Törös Endre* a Felszínközeli Geofizikai Szakosztály elnöke volt. Az Intézet tagjai közül még *Hegybíró Zsuzsanna* viselt tisztséget az EAGE-ben 2008-tól 2012-ig a tagság ügyeiért felelős elnökség tagjaként.

1989-től kezdődően először felbomlik az egységes szocialista piac, majd korábbi résztvevői gazdaságilag sorra összeomlanak. Már senki sem fizet senkinek, az Intézet geofizikai műszerei eladhatatlanná válnak, sőt a már megkötött szállítási szerződések teljesítését sem engedélyezik. Az Intézet stabilitását biztosító három láb egyike, a műszerfejlesztés és -gyártás a politikai változások áldozatává válva hihetetlenül gyorsan eltűnik, ugyanakkor az ingataggá vált gazdasági helyzet az ipari megrendelésre és finanszírozással végzett földtani kutatások jelentős mértékű csökkenését is magával hozza, ami a gazdálkodást támogató „második láb” meggyengülését jelenti. Ennek eredményeként megindul az intézeti létszám gyors zsugorodása, eleinte csak spontán módon, később esetenként már tudatos létszámleépítés formájában is. 1993-ra mintegy 420 főre csökken az Intézet munkatársainak létszáma.

A nagyarányú politikai és gazdasági változások okozta gondokat csak tetézi, hogy ezekkel egy időben az Intézet vezetése is szinte teljesen kicserélődik.

Müller Pál igazgatót több éve tartó súlyos betegsége 1990-ben korai visszavonulásra, 1991-ben pedig nyugdíjaztatásának kérésére kényszeríti, *Posgay Károly*, aki ekkor már évekkel túl van a nyugdíjkorhatáron, szintén a távozás mellett dönt. *Szabadvány László*t már valamivel korábban *Verő László* váltotta fel, majd kicsit később *Szabó Zoltán* és *Kilényi Éva* is nyugdíjba mennek. Így a nyolcvanas évek vezetői közül a folyamatosságot csak *Baráth István* képviseli a Mélyfúrásgeofizikai Főosztályon.

Az új igazgató, a Központi Földtani Hivatal által immár pályázati úton kinevezett *Ráner Géza*, a korábbi igazgatóhelyettes lett. *Ráner Géza* Győrben született, édesapja könyvelő, édesanyja tanárnő volt. A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem kapott kitüntetéses bányageológus mérnöki oklevelet 1963-ban, majd ezután rögtön az Intézethez került, ahol végigjárta mind a terepi, mind az intézeti belső ranglétra minden fokát, és a szeizmikus kutatások egyik élvonalbeli szakértőjévé képezte magát. *Honfi Ferenc* nyugdíjazása után került *Müller Pál* mellé helyettesként. A Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztályt *Bodoky Tamás*, a Geoelektromos és Gravitációs Főosztályt már korábban *Verő László* és a Földfizikai Osztályt *Hegymegi László* vette át. Mindnyájukra az igaz, ami *Ráner Gézára* is, hogy korábban ugyanazoknak főosztályoknak, illetve osztályoknak a helyettes vezetői voltak. Az új vezetés tehát tapasztalatlanak nem volt nevezhető, de tagjai egy olyan helyzetben kerültek felelős beosztásokba, amilyenre nem volt lehetőségük felkészülni<sup>5)</sup>.

Az Intézet szerencséjére 1993-ig az „első láb”, az államilag finanszírozott feladatok még nem csökkentek drámaian. 1992-ben például a szeizmika és a magnetotellurika még le tudja mérni nemzetközi együttműködéssel a Pannon Geotraverz utolsó, hosszú, reflexiós, litoszférakutató vonalát, a PGT-4 vonalat, és ugyanebben az időszakban ugyancsak állami finanszírozással valósul meg az osztrák–szlovák–magyar geológiai és geofizikai ismereteket egyesítő és a hiányokat, ellentmondásokat geofizikai mérésekkel, földtani ismeretekkel kiegészítő DANREG (Duna Régió) program. Azonban a csökkenő bevételek miatt más kutatási témákat már törölni kellett, s megszakadtak olyan témák, mint az országos alapszelvény program mérései, a Bükk kutatása vagy a Somogy-Baranya program. Ekkor hozta létre *Ráner Géza* az Eötvös Loránd Geofizikai

---

<sup>5)</sup> Az új vezetés érdekéért azért itt meg kell jegyezni, hogy amikor a rendszerváltás eredményeként a nem akadémiai kutatóintézetek sorra szinte mind megszűntek, akkor az ELGI-nek sikerül az új körülmények között is működőképesnek maradnia.



Alapítványt, amelyet elegendő indító erővel látott el ahhoz, hogy az a 90-es évek inflációs (magas kamatokat adó) éveiben gondos pénzkezeléssel megerősödhesen, és a későbbiekben fontos támasza lehessen az Intézet tudományos tevékenységének és nemzetközi kapcsolatainak (pl. a konferenciaköltségek biztosításával).

Ezekben az években azonban már készítik elő az átalakítást. Az átalakításokban a „mastermind” szerepét a magyar származású amerikai geológus, *Paul Teleki*, a kormány meghívott szakértője játssza, aki bevallotta nem nagy híve az önálló Eötvös Loránd Geofizikai Intézetnek.

A nagy „átszervezés” aztán 1993 őszén történik meg. Sajnálatosan jellemző, hogy a KFH utolsó elnöke, *Komlóssy György* hivatali megbízatásának ideje alatt ismétlődő kérései ellenére egyetlen alkalommal sem nyert személyes meghallgatást gazdasági tárca vezetőjénél. Végül a tárca 133 főben (diplomás 78 fő) jelöli meg az Intézet létszámát, megígéri ugyan az elbocsátandók végkielégítéseinek kifizetését, de szavát az elbocsátások végrehajtása után nem tartja be. Így az Intézet nemcsak elveszti pénztartalékait, hanem adósságba is kerül. *Ráner Géza* igazgatót felszólítják, hogy az Intézet adja el ingatlanait (pl. a Homonna utcai telepet), és fedezze adósságait abból. *Ráner Géza* az ingatlanok eladása nélkül végigviszi az Intézetre kényszerített brutális leépítést, majd ezek után igazgatói megbízatása megszűnik.

Időközben megalakult a Magyar Geológiai Szolgálat, az Intézet új főhatósága. Ennek ekkor még csak ideiglenesen megbízott főigazgatója, *Farkas István*, *Verő László* főosztályvezetőt bízta meg az igazgatói teendők átmeneti ellátásával, igazgatóhelyettesként, de teljes feladat- és hatáskörrel. Ez a helyzet, amelyet súlyosbít az Intézetnek éppen a létszámleépítés következtében ellehetetlenült és súlyos kártérítéssel fenyegető szíriai szeizmikus vállalkozása,<sup>6)</sup> *Verő László* számára elsősorban válságkezelési és nem pedig szakmai feladatot jelentett. (Különben éppen a szíriai szerződésnek a minisztérium részéről történő teljes ignorálása mutatja, hogy az átalakítások hátterében mennyire nem a józan, az ország érdekeit tekintő gazdasági megfontolások álltak.)

---

<sup>6)</sup> Jól mutatja az idők változását a szíriai expedíció ellehetetlenülésének egy másik oka is. Az expedíció során előzetes megállapodás alapján a GES Kft. (az OKGT GKÜ új neve) Tunéziában tétlenül vesztegelő vibrátorait bérelte volna az ELGI. A szírekkel kötött szerződés aláírása után az ekkor már *Zelei András* vezette GES Kft. váratlanul és indoklás nélkül visszalépett a megállapodástól, nem adta bérbe a vibrátorokat, amelyek ezután még hosszú évekig porosodtak használaton kívül tunéziai telephelyükön.

Az Intézet azonban ebben a viharos időszakban is megmaradt a magyar geofizika egyik vezető intézményének. Erre utal az is, hogy a megújult Magyar Geofizikusok Egyesületének első két elnöke, 1990-ben *Bodoky Tamás*, 1991-ben pedig *Verő László* voltak.

## **1.2. Az Intézet a Magyar Geológiai Szolgálat keretein belül és utána (1994–2012)**

1994 tavaszán a minisztérium pályázatot ír ki a Magyar Geológiai Szolgálat (MGSz) főigazgatói és az Intézet igazgatói állásának betöltésére. A pályázat eredményeként az MGSz főigazgatójának *Farkas István* megbízott főigazgatót nevezik ki, az Intézet igazgatói beosztását pedig *Bodoky Tamás*, a Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály vezetője nyeri el. *Bodoky Tamás* egy sokgyermekes református lelkész családjából jött, 1964-ben Budapesten, az Eötvös Loránd Tudományegyetemen geofizikusként szerzett oklevelet, 1974-ben Budapesten kandidált, 2005-ben a Miskolci Egyetemen habilitált, és innen kapta egyetemi magántanári címét is. Első és egyetlen munkahelye az Intézet volt, ahol *Ráner Gézá*hoz hasonlóan ő is végigjárta mind a terepi, mind az intézeti belső ranglétra minden fokát.

Az új világban az Intézetnek igazodnia kell az új elvárásokhoz, illetve az új lehetőségekhez, amelyek közül különösen az utóbbiak igen behatároltak. A költségvetés a Magyar Geológiai Szolgálatot és két intézete közül a (szintén erősen leépített) Magyar Állami Földtani Intézetet teljes költségvetési fedezetel indítja útjára, míg a Geofizikai Intézet a létszámleépítésből maradt adósságai mellé csak egy gyenge, 50%-ot sem elérő részfinanszírozást kap. A főhatóság álláspontja, hogy a költségvetéséből hiányzó részt keresse meg szolgáltatásaival (amely mögül éppen akkor bocsátották el a szakembergárdát) a szabadpiacon.

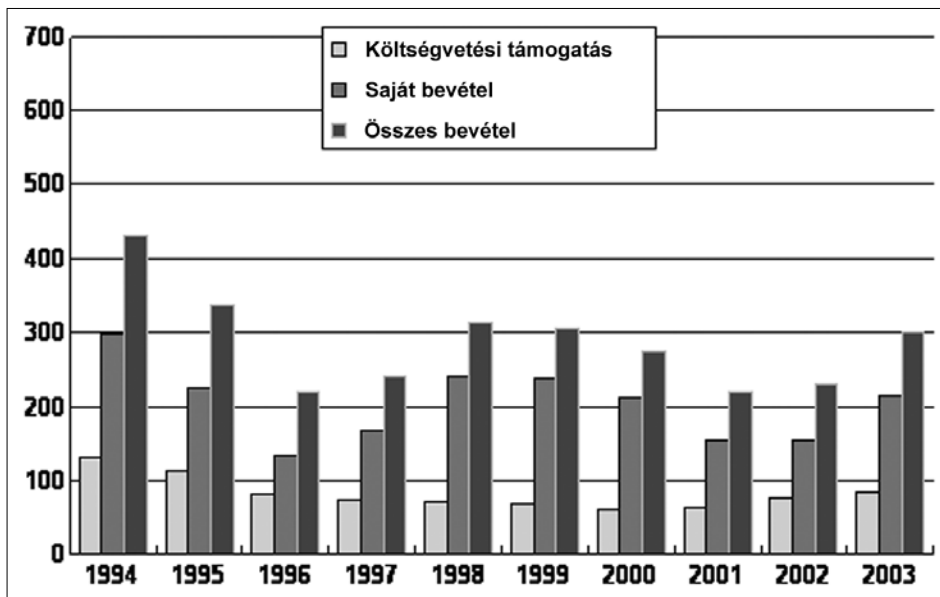
Tanulságos ebből a szempontból az Intézet környezetvédelmi geofizikai tevékenységének sorsa. A nagy átalakulás idején kitörési lehetőségnek látszott a környezetvédelem. Az Intézet jó pozícióból indulhatott, hiszen a kivont szovjet csapatok laktanyáiban, repülőterein hátrahagyott szennyezés bizonyításában és az érintett államok közötti „nullszaldó” elérésében geofizikai méréseinek jelentős szerepe volt. A kiírt munkák azonban a geofizikát is magukban foglaló felmérés mellett a kármentesítést is tartalmazták, ennek a gazdasági kockázata pedig a durva leépítés után már messze meghaladta az Intézet lehetőségeit. Így ezt a

tevékenységet a lehetőséget felismerő munkatársak külső tőkével privatizálták, ők kiváltak az Intézetből, és nemcsak a kármentesítést, de az ehhez kapcsolódó geofizikát is kivitték.

Szerencsére ellentétes példák is említhetőek. A leépítések során a működőképességének határára került Tihanyi Obszervatóriumot az új évezred első éveire már újra előkelő helyen jegyzik a nemzetközi szakmai körökben. Rendszeresen fogad külföldi kutatókat tréning célból, nemzetközi szinten kikérik a véleményét szakmai kérdésekben, és az általa kifejlesztett mágneses műszerek már az összes földrészen megtalálhatók. Hasonlóan, nemzetközi szinten is sikeres maradt új mérnökszeizmikus műszerével és automatikus szeizmikus adatgyűjtőjével a majdnem csak *Gili László* főkonstruktor személyére zsugorodott szeizmikus műszerfejlesztés, és jó eredményekkel dicsekedhet a *Madarasi András* által irányított magnetotellurikus műszerfejlesztés is. A szeizmikus műszerfejlesztés eredményeinek elismeréseként *Gili László* 2006-ban Gábor Dénes-díjat vehetett át a Parlamentben.

1994-től tehát a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet mint részben önálló (szakmailag önálló, gazdaságilag nem) kutatóintézet a Magyar Geológiai Szolgálat felügyelete alá tartozik, annak háttérintézeteként. Feladatait törvények, illetve rendeletek szabályozzák. Új Alapító Oklevelet kell készítenie, amely sokáig hányódik a minisztériumi bürokrácia útvesztőiben, míg végül 1999-ben a gazdasági tárcának az okirat beadása óta kinevezett 11. minisztere – *dr. Matolcsy György* – aláírja, legalizálva ezzel az Intézet létét. Tevékenységének finanszírozása egyre kisebb részben költségvetési támogatásból és egyre nagyobb részben kötelezően előírt saját bevételből történik. Az Intézet bevételeit ebben az időszakban a 3. ábra mutatja be, amelynek adatait a forint erős értékesztése miatt 1994-re mint bázisévre korrigáltuk a Központi Statisztikai Hivatal hivatalosan kiadott inflációs százalékaival.

A diagramból látható, hogy az állami „támogatás” értéke 1994 és 2000 között megfeleződik, ezután ha kis mértékben is, de emelkedik, ám még az utolsó évben is csak az induló év 64%-ánál tartunk. Ugyanakkor a piac változásainak kitett külső bevételek erős ingadozást mutatnak. A külső bevételek mélypontja 1996-ban, a „Bokros-csomag” évében van, ezután egy emelkedő, majd süllyedő szakasz döntő mértékben az olajipar számára végzett munkák bevételeit jelzi. Az olajipari munkák 2001-ben gyakorlatilag megszűnnek, szerencse még, hogy más bevételek, elsősorban a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok tárolójának előkészítésével kapcsolatos kutatások bevételei egy időre némileg



1-3. ábra. Az ELGI bevételei 1994-től 2003-ig Mft-ban (inflációval korrigálva 1994-re)

pótolják ezt. Az állami támogatás és a természetesen adóköteles külső bevételek arányának ilyen alakulása azt eredményezi, hogy az Intézet nettó befizetőjévé válik a költségvetésnek.

Hasonlóan tanulságos az Intézet létszámának alakulása a tárgyalt időszakban. A kezdeti 135 fős létszám (bár különböző törvényi okokból 1993-ban az előírt leépítés nem volt teljesen végrehajtható) fokozatosan beállt 100-ra. Azonban a kötelezően előírt külső bevételek 1999-es megkésztetése a bérkereteket nem érintette, vagyis azt követelték az Intézettől, hogy a szabadpiacon többletmunkával olyan bevételekre tegyen szert, amelyeknek nincsen bértartalma. Ennek a kormányzati dilettantizmusnak az eredményeképpen 2000-re annyira szűkké vált az intézeti bérkeret, hogy 2001-ben az Intézet 20%-os létszámleépítésre kényszerült csak azért, hogy az egyébként már megkeresett és a számláján lévő fizetéseket ki tudja fizetni.

Az 1993-as nagy létszámleépítés után az intézeti átlagéletkor 44 év volt. Ez a közepesnél valamivel magasabb átlagéletkor azt jelezte, hogy a leépítés eredményeként elsősorban a tapasztalt kutatók maradtak meg. A fiatalabb szakemberek nagy része vagy elment az iparba, vagy pályaelhagyóvá vált. Így az Intézet egy-

kori fiataljai később megtalálhatók a nagy multinacionális cégek (például Chevron, Amoco), mind a kisebb külföldi cégek és egyetemek, mind a hazai vállalatok (például a MOL) vezetői és kutatói között, illetve olyan, a szakmán kívül eső helyeken is, mint például a Siemens vagy az Ericsson. Sok sikeres vállalat épült mind itthon, mind például az Egyesült Államokban az Intézetben szerzett tudásra és tapasztalatra (például a Graphisoft *Bojár Gábor*, a Műszertechnika *Széles Gábor*, az ELGOSCAR *Magyar Balázs*, a Geo-Log *Szongoth Gábor* vagy Texasban a CompuSeis *Németh Géza* vezetésével).

A távozó fiatalok pótlása évekig nagyon nehéznek bizonyult, részben a költségvetési szférában dolgozók alacsony jövedelme, részben a természettudományi szakokat választó diákok számának drasztikus csökkenése miatt. Ez az állapot csak 2000 után kezdett lassan változni.

Az 1993-as átszervezést követően a Magyar Geológiai Szolgálat keretében működő intézet feladatait általánosságban a 132/1993. (IX. 29.) kormányrendelet fogalmazza meg, a konkrét teendőket pedig a Magyar Geológiai Szolgálat keretein belül évről-évre úgy próbálják meghatározni, hogy az állami feladatok az adott évben biztosított lehetőségeknek megfelelően a legjobban teljesüljenek az intézményrendszer tagjainak (MGSz, MÁFI, ELGI) összehangolt munkája révén.

Az új helyzet jelentős irányváltást követelt az Intézet tevékenységében. Míg 1990 előtt a mamutprogramok (például az „eocén program”) földtani előkészítése, vagyis a nyersanyagkutatás jelentette az intézeti feladatok túlnyomó többségét, addig az új helyzetben az állami szerepvállalás a nyersanyagkutatásban gyakorlatilag teljesen megszűnt, viszont felértékelődtek az olyan feladatok, mint például az állami tulajdonú geofizikai adatok kezelése, amelyekre korábban kevés súlyt helyeztek. (Törvényi kötelezettsége lett az Intézetnek a gravitációs hálózatfenntartás, és valamivel később hivatalosan is az ELGI vált a magyarországi gravitációs etalon gondozójává).

Az átszervezés utáni első években még figyelembe vették, hogy a feladatok jelentős része több éve folyó hazai, illetve nemzetközi kutatási programokhoz kapcsolódott. Annak érdekében, hogy a már megszületett eredmények ne veszessenek el, ezeket a programokat nem állították le, hanem igyekeztek a lehetőségek adta szűk keretek között minél hamarabb befejezni. Ezzel párhuzamosan az Intézet megindította, illetve intenzívebbé tette a tipikusan geológiai szolgálati tevékenységeket, amelyekre teljes mértékben 1998-ra tért át. Ezeket négy fő csoportba sorolhatjuk: a geofizikai adatkezelés és térképezés, az alapkutatások,

az alkalmazott kutatások és a kutatóintézeti közszolgálati tevékenység. Ezeken túl az Intézet számos egyéb, az alaptevékenységéhez kapcsolódó tevékenységet is végez nem állami feladatként, szerződéses alapon. Ezek a szerződések biztosítják a működéséhez szükséges külső bevételeket.

A piacon való részvétel szükségessé tette a minőségbiztosítás megteremtését is. A kézikönyv elkészítése, a rendszer bevezetése, majd az auditálások sikeres lebonyolítása *Verő László és Simon András* munkája volt.

1994-től az új tevékenységi struktúra új, nem a geofizikai módszereken alapuló intézeti szervezet kialakítását is szükségessé tette. Az általános igazgatóhelyettes *Verő László* maradt, az ő javaslata alapján az új szervezet hat főbb szervezeti egységet különböztet meg. Ezek a következők:

- Adatkezelési Főosztály (*Baráth István, Kummer István, Simon András, Takács Ernő*, majd *Lendvay Pál* vezetésével),
- Térképezési Főosztály (*Vértesy László* vezetésével),
- Kutatási Főosztály (*Nemesi László, Takács Ernő, Fancsik Tamás*, majd *Hegedűs Endre* vezetésével),
- Mérnökgeofizikai Főosztály (*Törös Endre* vezetésével),
- Földfizikai Főosztály (*Hegymegi László*, majd *Kovács Péter* vezetésével),
- Mérési Főosztály (*Tímár Zoltán*, majd *György Lajos*, végül *Scholtz Péter* vezetésével).

Ezeket egészíti ki az Igazgatóság, amely az Intézetnél megmaradt kevés gazdasági és tudományos adminisztrációt, a kiadványszerkesztést, a könyvtárat és a kiállításokat foglalja magában *Jánvári János* gazdasági igazgatóhelyettes irányításával.

Az ingatlanok kezelését, valamint a műszaki és üzemeltetési feladatokat *Baráth István* intézi műszaki igazgatóhelyettesi rangban.

Közben maga a székház is átalakul. Az ebédlőből jól felszerelt konferenciaterem lett, és tekintve, hogy a számítógépek mérete időközben nagyot csökkent és a személyi számítógépek formájában már szinte minden szobában megtalálhatók, a nagy számítógépközpont helyét 1998-ban az Eötvös Emlékkiállítás foglalja el, amely *Baráth István, Bodoky Tamás* és *Szabó Zoltán* kitartó munkájának eredményeképpen kapott múzeumi rangot „báró Eötvös Loránd Emlékgyűjtemény” néven.

1997-ben az Intézet „Pro Geophysica” Emlékérem néven kitüntetést alapít a geofizika tudománya és ezen belül is az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet érde-

kében kifejtett kimagasló és odaadó tevékenység elismerésére. Az elkövetkező évek során ezt a kitüntetést az Intézet számos korábbi vagy még aktív munkatársának ítélik oda.<sup>7)</sup>

1994-ben Nemzetközi Litoszféra Kongresszus zajlott Budapesten, amely az Intézet és ezen belül elsősorban *Posgay Károly* eredményeinek elismeréseként választotta helyszínének ezt a várost.

1999-ben az Environmental and Engineering Geophysical Society rendezte meg éves konferenciáját Budapesten a Kongresszusi Központban, amely ha nem is mérhető jelentőségében és méretében az 1985-ös EAEG konferenciához, de mégis az Intézet még élő nemzetközi elismertségét jelzi. Ennek fő szervezői *Törös Endre* és *Verő László* volt, házigazdája pedig az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet.

2003-ban *Verő László* nyugdíjba megy, majd 2004-ben *Bodoky Tamás* igazgatóként törvényileg engedélyezett tíz esztendejének lejárta után szintén nyugállományba vonul, őt az igazgatói beosztásban *dr. Fancsik Tamás* követi, *Jánvári János* pedig egy személyben lesz általános és gazdasági igazgatóhelyettes.

2005-től egyre nehezebb évek következnek. A csökkenő költségvetési támogatáshoz egyre nehezebben lehet megszerezni a működés fenntartásához szükséges külső bevételeket. Az általános piaci helyzet romlása minden területen érezhetővé válik, a gazdaságban „divatba jön” a körbetartozás, a teljesített feladatokért számlázott pénzekhez nehezen lehetett hozzájutni. A költségvetés feladatai csak addig érdeklik a kormányzatot, amíg a feladatok szűkítésével tovább csökkentheti a támogatást. Olyan végletesen takarékos gazdálkodás kezdődik, hogy előbb a beruházásokat kell teljesen leállítani (még előirányzati szinten sem tartalmaz beruházást a költségvetés), később pedig az engedélyezett minimális létszám hónapról hónapra szükséges, egyébként évek óta stagnáló bérét is alig tudja már az Intézet előteremteni.

2006-ban aztán egyszerre fontos témákat érintő előkészületek folynak. A minisztérium (Közlekedési, Hírközlési, Energiaügyi Minisztérium) a törvényekben előírt és szükségszerűen végzendő állami feladatokat vizsgálja. Elhatározzák, hogy a Magyar Geológiai Szolgálatot beolvasztják a Magyar Bányászati Hivatalba. Szóba jön még a Kolumbusz utcai intézeti székház eladása is, de végül ehelyett az Intézet új főhatósága, a Geológiai Szolgálatot lenyelő bányászati hiva-

---

<sup>7)</sup> A kitüntetettek névsora évről évre nyomon követhető a Magyar Geofizikusok Egyesülete lapjának, a *Magyar Geofizikának* a híradásai között.

tal, a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) néven költözik be székházba, a felső emeletekre szorítva össze az Intézetet.

A 2007. év a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal felügyelete alatt kezdődik. Mivel az Intézet marad továbbra is részben önálló költségvetési szervezet, költségvetési helyzete ettől mit sem változik, küzd az éppen csak a fenntartható működés peremén a fennmaradásáért.

2009-ben az Intézet a következő jelentést kényszerül küldeni a felügyeleti minisztériumnak:

„A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet zavartalan szakmai működését és pénzügyi gazdálkodását az év elejétől folyamatosan fennálló likviditási problémák nehezítik, melynek okairól az irányító szervet részletesen tájékoztattuk. Az Intézet követelésállománya megnőtt, működési bevételei pedig olyan mértékben elmaradtak az időarányos teljesítéstől, hogy az az alapfeladatok ellátása körében nagymérvű bizonytalanságot és likviditási nehézséget eredményezett, ami miatt a felügyeleti szerv segítségét kérjük az Intézet likviditási helyzetének stabilizálása érdekében.”

Ezen a helyzeten a minisztérium úgy segít, hogy kölcsön formájában megelőlegezi a támogatás egy részét, amelyet később vissza kell fizetni.

Ebben a helyzetben hoz lényegi változást 2009-ben az, hogy az Intézet státuszát önállóan működő intézeti státuszra változtatják. Ez komoly tartalmi különbséget jelent, de csak késve érezteti hatását. Az önálló működés lényege az önálló szakmai munkavégzés (csak szakmai szervezeti egységek működtethetők így), a működés feltételeiről pedig egy önállóan működő és gazdálkodó másik szervezetnek kell gondoskodnia. Ez a másik szervezet a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal lett, amelynek a gazdálkodás adminisztrációs feladatainak biztosítása helyett ezután a működés és gazdálkodás feltételeinek biztosítására kell átállnia. Ez a 2010-re megvalósuló átállás 2011-ben már stabil, kiszámítható működést eredményez az Intézet számára olyannyira, hogy ekkor lehetőség nyílik az eddig elmaradt beruházások pótlására, a már szinte nélkülözhetetlen eszközök beszerzésére is, mivel az MBFH által biztosított költségvetés már beruházásra fordítható forrásokat is tartalmaz.

A 2012. év költségvetési tervezése – a 2011. év gazdálkodásának tapasztalatai alapján – reális, kiszámítható, nyugodt működési feltételeket ígér az ország nem túl biztató gazdasági helyzete ellenére is.

Ebben az időszakban a legfontosabb tevékenység az intézetben kezelt geofizikai adatok és a kapcsolódó infrastruktúraszolgáltatási feltételeinek biz-



tosítása, továbbá az adatok elemzése, értékelése, adatbázisokba szervezése, mentése és archiválása. A feladatok fókuszát a szénhidrogén-, termálvíz-, szén-, geotermika-, alárendeltebben egyéb ásványi nyersanyagkutatási tevékenységek (például építőipari alapanyagok) jelentik. Ez folyamatosan biztosítja egy komplex, korszerű, internetes adatszolgáltatói webfelület segítségével az MBFH által kezelt, de ténylegesen az Intézetben lévő és az Intézet által működtetett, 300 milliárd Ft értékre becsülhető országos geofizikai adatbázis adatainak a felhasználók részére történő adatszolgáltatását. Az adatrendszerek karbantartását, gyarapítását és fejlesztését az Intézet tervszerűen végzi.

2011-ben a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) ismételten fizetéseképtelenné vált. A számára elkerülhetetlenné vált átalakítások végrehajtásával, a MÁFI stabilizálásával kormánybiztosként *dr. Fancsik Tamást*, az ELGI igazgatóját bízzák meg. Majd megbízatásának sikeres teljesítése után kormányrendelettel formailag beolvasztják a MÁFI-t az ELGI-be, és 2012. április 1-jétől szerepüket *Fancsik Tamás* vezetésével – az ELGI jogutódjaként – az összevonásukkal kialakított új szervezet, a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet veszi át.

Összefoglalva: az Intézet, amelyet még Eötvös Loránd hívott életre, 1965-től 1989-ig történetének igen sikeres szakaszát élte. Jelentős szerepet töltött be a hazai nyersanyagok – szénhidrogén, szén, érc, víz, építőanyagok – kutatásában, nemzetközi mércével mérve is sikeres műszerfejlesztéssel rendelkezett, műszereit világszerte ismerték, vették és használták. Mindezzel további nemzetközi elismertséget vívott ki. Nemzetközi együttműködésekben vett részt, és méréseket végzett számos országban. Az ezredvég nagy politikai, gazdasági változásai következtében ennek a szakasznak ugyan vége szakadt, de az Intézet működőképes maradt a fiatal parlamenti demokrácia erősen materiális és rövidlátó értékrendjének éveiben is, egészen addig, amíg 2012-ben erre az Intézetre alapozva hozta létre az aktuális kormányzat új földtani-geofizikai szervezetét Magyar Földtani és Geofizikai Intézet néven. Az új szervezet felállításával – bár az intézeti tevékenység folytatódik – az „Eötvös Intézet” története lezárult. Eötvös Loránd intézete valamivel több mint száz éven át hatott, alkotott, gyarapított, a haza fényre derülésének távoli álmától és egy sokszínű szakma szeretetétől vezérelve.



# 2. fejezet

## **Földfizikai kutatások**

*Csapó Géza<sup>†</sup>, Hegymegi László, Kis Márta, Mártonné Szalay Emő,  
Merényi László, Szabó Zoltán*

## 2.1. Geofizikai alaphálózatok

### 2.1.1. Gravitációs alaphálózatok

*Szabó Zoltán, Csapó Géza<sup>†</sup>*

Az alaphálózattal kapcsolatos munkák egyrészt a méréseket, a mérésekhez alkalmazott graviméterek vizsgálatát, másrészt pedig a mérési módszerek és észlelési technikák fejlesztését foglalták magukban.

A 60-as években szerte a világon napirendre került a szabadesés elvén alapuló ún. abszolút graviméterek kifejlesztése. Az első példányok méretüknél fogva helyhez kötöttek voltak, de hamarosan megjelentek a hordozható változatok is. Az abszolút graviméterekkel végzett mérések során hamarosan bebizonyosodott az a már korábban is gyanított tény, hogy a potsdami érték mintegy 14 mGal-lal nagyobb a valós értéknél. Ezért a nyugati országokban 1971-ben a Potsdami Gravitációs Rendszer kezdőpontjának értékét 14 mGal-lal csökkentették, és az újabb méréseket már ebbe a javított rendszerbe illesztették. A korábbi nemzetközi hálózatot 10 abszolút állomás értékének bevonásával újból kiegyenlítették, amelyet International Gravity Standardization Net (IGSN-71)-nek neveztek el.

Az interkontinentális rakéták megjelenésével hirtelen megnőtt a gravitációs adatok iránti igény és azok katonai jelentősége. Ezért 1963-ban elrendelték a gravitációs adatok szigorúan titkos minősítését. A hatvanas évek közepéig a volt szocialista országok szakemberei egymástól elszigetelten végezték a gravimetriai munkákat, amelyek érdemi részét még publikálni sem lehetett a titkosítás miatt. A világ gravitációs szempontból is kettészakadt, és a szocialista országok geodéziai szolgálatainak (SzOGSz) 1966. évi lipcsei tanácskozásán határozat született egy közös gravimetriai alaphálózat létrehozásáról. Ennek eredményeként jött létre 1968–69-ben az érintett országok területére vonatkozó Egységes Gravimetriai Hálózat (MEGP), melynek mérésében szovjet, lengyel, német relatívíngacsoportokat, valamint GAG-2, Askania GS-12, Sharpe CG-2 és Worden gravimétereket alkalmaztak. Miután az alkalmazott relatív graviméterek méretaránya meglehetősen eltért mind egymástól, mind a  $\text{ms}^{-2}$  egységtől, a hálózat egységes méretarányát szovjet, német és lengyel relatívíngaberendezésekkel biztosították. Minden részt vevő országban 1–3 pont  $g$  értékét határozták meg. Magyarországon a műegyetemi Gravitációs Főalappont elpusztulása miatt – szükség-

megoldásként – az ingaméréseket a Nemzeti Múzeum egyik pincehelyiségében végezték, ennek eredményét azután összemérték a Budapest-Ferihegy I-rendű ponttal. Magyarország részéről a mérésekben *Bagi Róbert* vett részt az Intézet Sharpe 181-G jelű műszerével. A mérési eredmények feldolgozását és kiegyenlítését Moszkvában, 1969-ben végezte egy munkacsoport, amelynek magyar tagja *Csapó Géza* volt.

Az új hálózatot 1971-ben, a potsdami rendszer látszólagos megtartásával, de szintjének 14 mGal-os csökkentésével illesztették a nyugatihoz. Az új nemzetközi hálózathoz való csatlakozás érdekében Magyarországon 1971-ben egy újabb, 19 pontból álló I-rendű gravimetriai alaphálózatot létesítettünk. Nemzetközi tapasztalatok alapján időközben az a nézet alakult ki, hogy a nagy pontosságot kívánó gravitációs mérésekbe célszerű párhuzamosan több gravimétert bevonni, ezért az alaphálózatot 3 db Sharpe CG–2 típusú graviméterrel mérték. A tervezési és szervezési feladatokat *Pollhammer Manóné* irányította, az észleléseket *Reményi György* végezte.

Az 1970-es évek második felére a szovjetek által kifejlesztett abszolút graviméter már megbízhatóan működött, úgyhogy a SzOGSz keretében, *Csapó Géza* közreműködésével megkezdődhetett az abszolút gravimetriai pontok telepítése. Magyarországon az első abszolút mérésre 1978-ban, a siklósi vár volt börtönhelyiségében elhelyezett alapponton került sor. Ezzel a GABL típusú abszolút graviméterrel 1978–1986 között további 4 állomáson végeztek még nehézségigyorsulás-meghatározásokat.

Részen a műegyetemi gravitációs főalappont pusztulása, részben az abszolút mérések megjelenése szükségessé tette egy új magyarországi gravitációs főalappont létesítését. Hosszas töprengés és keresgélés után az új főalappont helyéül a Mátyás-hegyi barlangnak egy, a II. világháború során részben mesterségesen kiépített mellékágát választottuk. A később Geodinamikai Állomás néven ismertté vált földalatti laboratórium kiépítése 1978-ban fejeződött be. A padlózattól izolált főalapponton 1980-ban szovjet szakértők végezték az első mérést, melyet azóta többször megismételtek különböző gyártmányú abszolút graviméterekkel. A Mátyás-hegyi főalappont abszolút nehézségi gyorsulás értéke a 2007. évi meghatározás szerint (AXIS FG-5 No 215, VÚGTK, Csehország):

$$g_M = 9,80824278 \pm 1.7 \times 10^{-9} \text{ m/s}^2.$$

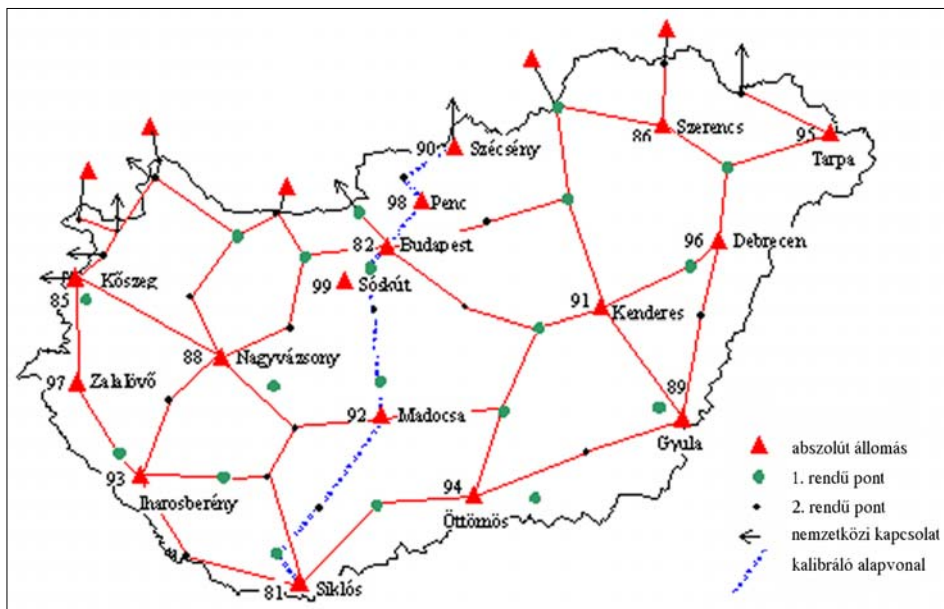
1973-ban jelentős munka kezdődött hazánkban, amikor is az országos ún. „kéregmozgási szintezési hálózat” graviméteres méréseire került sor a szintezé-

sek gravimetriai javításának meghatározása céljából. Ez a munka 1979-ig tartott. A terepi mérések zömét *Schramek Sándor*, *Kiss Lajos* és *Bíró Gábor* végezte, a mérési eredmények feldolgozását pedig *Pollhammer Manóné*.

Az 1970-es évek végére kiderült, hogy az MGH-50 II-rendű gravitációs alappontok zöme különböző okok miatt (tagosítás, útkorrekciók stb.) elpusztult vagy mérésre alkalmatlanná vált, ezért szükségessé vált egy új alaphálózat létrehozása. Levonva a tanulságokat, miszerint az alappontokat nem célszerű utak mellé telepíteni, az új hálózat pontjait templomok, kastélyok, középületek, iskolák közelébe telepítették, ahol hosszú távú fennmaradásuknak nagyobb a valószínűsége. A hálózatot háromszögekből alakították ki úgy, hogy a szomszédos pontok között a nehézségi gyorsulás különbsége nem haladta meg a 35–40 mGal-t. A hálózati mérésekre 1980–89 között került sor. A méréseket 2 db Sharpe CG-2 és 1 db LaCoste-Romberg graviméterrel végezték. Az 1971. évi I-rendű és az újonnan létesített II-rendű alaphálózatot *Csapó Géza* és *Sárhidai Attila* dolgozta fel 1990-ben. Az új, MGH-80 elnevezésű alaphálózat kiegyenlítés utáni középhibája:  $\pm 16 \mu\text{Gal}$ , a pontok száma 389 (Csapó, Sárhidai 1990). A hálózat vonatkozási szintje és méretaránya már nem potsdami, hanem abszolút, mert a kiegyenlítésben az 1978–1985 között létesített 5 abszolút állomás (Budapest, Szerencs, Siklós, Gyula, Kőszeg) adatait is felhasználták.

Az MGH-50 még megmaradt, és az MGH-80 hálózat pontjainak összemérése alapján egy kétváltozós, másodfokú függvény segítségével sikerült leírni a két hálózat közötti eltérést, amely 0,55–0,81 mGal között változik. A két hálózat különbsége a Dél-Dunántúlon a legkisebb, ÉK felé haladva fokozatosan növekszik. Az eltérés két komponensre bontható: egy kb. 0,5 mGal-os szinteltolásra és egy DNY–ÉK irányú, közel lineáris regionális torzulásra, melynek értéke kisebb, mint 0,5  $\mu\text{Gal}/\text{km}$ . Figyelembe véve, hogy az MGH-50 hálózatot egy graviméterrel mérték, és jobb híján a gyár által meghatározott műszerszorozót alkalmazták, megállapíthatjuk, hogy az 50-es években elődeink valóban világszínvonalú gravitációs alaphálózatot hoztak létre.

A rendszerváltozás után megnyílt a lehetőség nyugati kapcsolatok kiépítésére is, így azután különböző együttműködési megállapodások keretében amerikai, olasz, osztrák és német szakértők bevonásával mára sikerült abszolút alappontjaink számát 16-ra növelni. Ezzel az abszolút állomások átvették a régi I-rendű alaphálózat szerepét. Az abszolút állomásokat bizonyos időközökben újramérik, egyrészt a különböző típusú műszerek összemérése, másrészt a gravitációs tér nem árapály okozta esetleges változásának detektálása céljából.



2-1. ábra. Az UEGN-2002 magyarországi szakasza

Az abszolút graviméterek 5–6  $\mu\text{Gal}$  körüli mérési pontossága már abba a tartományba esik, melyben a külső zavaró tényezők (pl. légnyomás-, talajnedvesség-, talajvízszint-változás stb.), valamint a vertikális gradiens tényleges értékének hatása sem elhanyagolható (Csapó, Völgyesi 2003). A legújabb vizsgálatok e tényezők gravitációs hatásának tanulmányozása céljából folynak. Magyarországon az elmúlt 25 év alatt nem sikerült belső földtani folyamatokra utaló gravitációs változásokat észlelni (Csapó, Koppán 2013).

Európa nyugati felében 1994-ben elkészült az Egységes Európai Gravimetriai hálózat (UEGN-94), amelyhez később Magyarország is csatlakozott. A rendszerváltás bekövetkeztével a gravitációs adatok titkossága is megszűnt, így lehetővé vált gravitációs alaphálózatunk összekapcsolása a szomszédos Ausztrián keresztül az európai gravitációs alaphálózattal. Az osztrák és a korábbi szlovák határ menti összekötő mérések, valamint néhány határon túli abszolút állomás értékének bevonásával újra kiegyenlítették a gravitációs alaphálózat 490 pontját (MGH-2000), melynek szintjét és méretarányát 20 abszolút állomás biztosítja. A hálózat kiegyenlítés utáni középhibája:  $\pm 14 \mu\text{Gal}$  (Csapó, Völgyesi 2003).

Az MGH-2000 ponthálózatából egyenletes eloszlású ritkább hálózatot alakítottunk ki, majd a szomszédos pontokat egymással és az abszolút pontokkal összemértük. Ez a ritkított ponthálózat az UEGN-2000 magyarországi szakasza.

2-1. táblázat. A gravitációs alaphálózatok összefoglaló táblázata

Időtartam	Elnevezés	Alappontok száma	Négyzetes középhiba (mGal)
1908–33	Oltay	110	$\pm 1,5$
1939–41	Facsinay	141	$\pm 0,15$
1950–55	MGH-50	509	$\pm 0,029$
1971, ill. 1980–89	MGH-80	389	$\pm 0,016$
1993–2000	MGH-2000	490	$\pm 0,014$

#### 2.1.1.1. Graviméter-hitelesítő alapvonal

A graviméterek mérési pontosságának növekedésével egyre fontosabbá vált a műszerek hitelesítésének egységesítése. A graviméterek hitelesítését a különböző gyártó cégek vagy két ismert gravitációs értékű pont közötti észleléssel (melyek értékét előzőleg relatív inga-mérésekkel határozták meg), vagy a gravitáció magasságfüggésére alapozva, magas épületekben több szinten végzett méréssel végzik. Míg a műszerek szórása meghaladta a néhány tized mGal-t, addig ezek a módszerek a gyakorlati mérések során nem okoztak különösebb gondot. A század mGal pontosságú és főleg a nagy távolságban elhelyezkedő alapállomások közötti méréseknél azonban a kalibrációs bizonytalanságok már komoly zavaró tényezőt jelentettek. Ezért vált szükségessé nemzeti és nemzetközi hitelesítő alapvonalak létesítése, melyek segítségével a különböző graviméterek hitelesítése egységesíthetővé vált. Magyarországon az első gravitációs hitelesítő alapvonalat *Facsinay* létesítette Boucher-graviméterrel, a Hármashátár-hegyen. Az alapvonal mérési tartománya 39 mGal volt. Az 50-es évek elején a Heiland-graviméterekkel mértek egy újabb hitelesítő alapvonalat a Petneházirét és a János-hegy csúcsa között. Etalonnak az MGH-50 alaphálózat mérésénél használt Heiland-graviméterrel meghatározott  $\Delta g$  érték számított. Az alapvonal méréstartománya 54 mGal volt.



Az 1960-as évek közepén a gravimetriai adatok és alaphálózatok iránt megnövekedett katonai érdeklődés következtében a Szocialista Országok Geodéziai Szolgálatainak gravimetriai együttműködése keretében (melyben az ELGI képviselte Magyarországot) felvetődött az igény, hogy a részt vevő országok gravitációs alaphálózatait és hitelesítő alapvonalait egységesítsék. Erre a célra nemzetközi munkacsoportot szerveztek J. D. Boulanger moszkvai akadémikus vezetésével. E mérések befejezése után került sor 1969-ben, nemzetközi mérések keretében a Balassagyarmat–Budapest–Szeged hitelesítő alapvonal létesítésére. Hamarosan kiderült azonban, hogy az alapvonal Budapest–Szeged szakasza a megnövekedett járműforgalom okozta zavaró hatások miatt alkalmatlanná vált. 1985-ben, ugyancsak nemzetközi mérések keretében, az alapvonal déli szakaszát a Budapest–Pécs vonalra helyeztük át. Azóta ez a hitelesítő alapvonal szolgál a graviméterek hitelesítésére. Az alapvonal pontjai között ma már 5 abszolút állomás található, és a vonal 210 mGal méréstartománya majdnem átfogja hazánk teljes 250 mGal-os  $\Delta g$  intervallumát.

1970-től a nemzetközi munkákban alkalmazott gravimétereket rendszeresen közös vizsgálatoknak vetették alá, mely vizsgálatok azok műszerszorzóinak laboratóriumi meghatározását, valamint a külső tényezők változásaival (hőmérséklet, légnyomás stb.) szembeni viselkedésének tanulmányozását szolgálták. A módszertani vizsgálatok sorába tartozik a vertikális gradiens meghatározására szolgáló új mérési eljárás kidolgozása, valamint *Barta György* és *Varga Péter* ötlete alapján a budapesti abszolút állomáson megépített automatikus vezérlésű laboratóriumi gravimétert kalibráló berendezés (1993–1995), mely berendezést azóta számos ország kutatói vették igénybe.

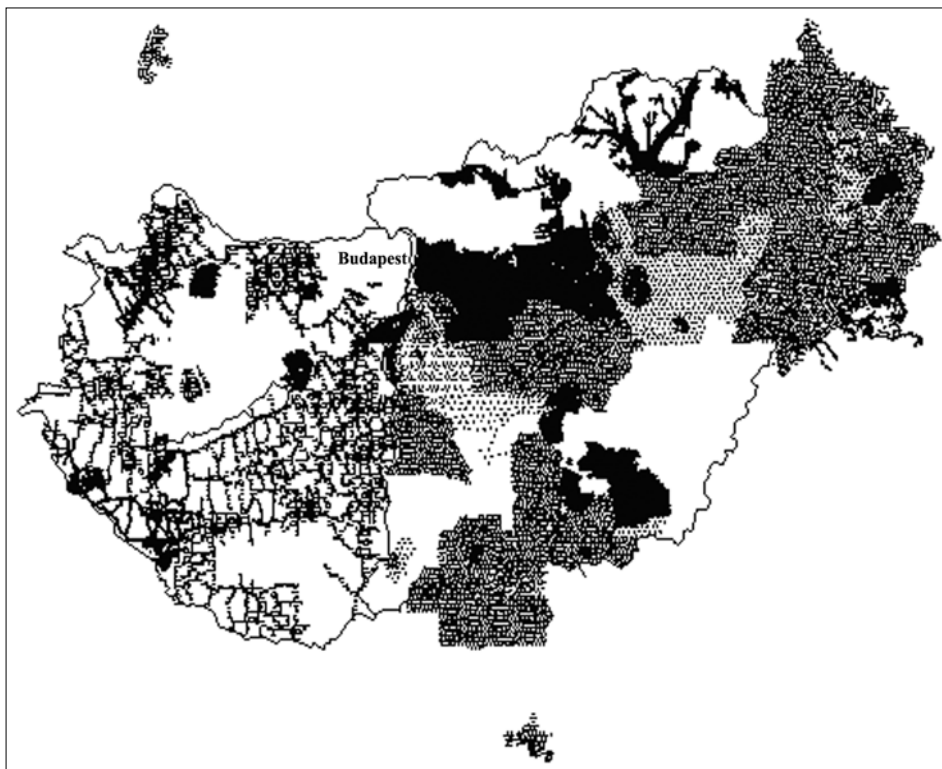
### **2.1.1.2. Egyéb gravimetriai munkák**

Mivel az országos áttekintő graviméteres mérések műszertechnikai és közlekedési szempontok miatt utak mentén történtek, az ország lefedettsége közel sem volt egyenletes. A fehér foltok kitöltésére különböző programok keretében került sor. Ebbe a kategóriába tartozott a Föld alakjának vizsgálatát célzó 14 db asztrogeodéziai ún. Laplace-pont környezetének gravimetriai, körszimmetrikus eloszlású felmérése. A hagyományosan hegytetőkre telepített csillagászati pontok között a gravitációs adatokból meghatározható relatív függővonal-elhajlási értékek segítségével lehet figyelembe venni a domborzat okozta geoid torzu-

lásokat. A nehéz terepi viszonyok miatt komoly nehézséget okozott a Laplace-pontonkénti 50–50 állomás szabályos elhelyezése (Pollhammerné 1968). Ugyancsak a geodéziához kapcsolódott a  $g$  értékének meghatározása a háromszögelési pontokon.

A SzOGSz 1966. évi moszkvai tanácskozásán született határozat értelmében minden, az együttműködésben részt vevő országnak el kellett készítenie 1:1000000 méret átlagmagasság- és átlag-Faye-anomáliatérképét. Az alapadatokat 1:25000 méretarányú Gauss–Krüger-szelvényezésű laponként kellett meghatározni. Az ELGI 1967-ben elkészítette és kinyomtatta az átlagmagasság-, majd 1968-ban az átlag-Faye-anomáliatérképét.

1973-ban kezdődtek a nehézségi erőter nem árapály jellegű, időbeli változásainak tanulmányozását célzó mérések. Ezek közül a *Csapó Géza* téma-



2-2. ábra. A digitalizált Eötvös-ingamérések területi eloszlása

vezetésével, csehszlovák–lengyel–magyar együttműködésben telepített és mért Kárpát-poligont érdemes kiemelni. A vonalat A Pécs–Budapest–Žilina–Zakopane–Krakkó útvonalon létesítettük, és 1990-ig többször újramértük, de mérési hibát meghaladó változást nem észleltünk.

A nehézségi erő lokális időbeli változásainak vizsgálatára létesítettük 1988-ban a Debrecen környéki, a városi vízmű területén húzódó szelvényt, melyen a vízkitermelés okozta talajvízszint-süllyedés gravitációs hatását kívántuk meghatározni. A tapasztalt változások, jóllehet tendenciózusak, a mérési hibahatáron belül vannak.

Pályázati forrásból 1996-ban kezdtük meg a történelmi Magyarország területén végzett Eötvös-ingamérések eredményeinek digitális formában történő rögzítését a fennmaradt észlelési lapok, mérési jegyzőkönyvek és térképek alapján. Az adatbank 2014 végén 51 126 állomás adatait tartalmazza. A mérések területi eloszlását a 2-2. ábra mutatja be.

## **Irodalom**

- Csapó G., Koppán A. (2013): The results and works of the latest adjustment of Hungarian Gravimetric Network (MGH-2010). Acta Geod. Geoph. Hung. 48/1, 9–16
- Csapó G., Sárhidai A. (1990a): Magyarország új gravimetriai alaphálózata (MGH-80). Geofizikai Közlemények 42, 2
- Csapó G., Sárhidai A. (1990b): Magyarország új gravimetriai alaphálózatának kiegyenlítés. Geofizikai Közlemények 42, 3
- Csapó G., Völgyesi L. (2003): Hungary's new gravity base network (MGH-2000) and its connection to the "European Unified Gravity network". Springer Verlag
- Pollhammer Manóné (1968): Jelentés az OFTH Földmérési Intézete megbízásából végzett 1968. évi gravitációs munkákról. ELGI adattár (0025/68. Sz. jelentés)

### **2.1.2. Földmágneses alaphálózatok**

*Szabó Zoltán*

A földmágneses hálózati mérések elsődleges célja a mágneses tér területi változásának egyenletes feltérképezése az obszervatóriumok egyenetlen és ritka hálózatán belül. A tér minden komponensére kiterjedő hálózati méréseket Magyarország területén a Monarchia időszakában elsőként Karl Kreil végzett 1847 és 1857 között 52 ponton (Szabó 1983). Később Schenzl Guidó (1867–1879, 117 állomás), majd Kurländer Ignác (1892–1894, 38 állomás) vezetésével indultak újabb

kampányok. Eötvös Loránd a gravitációs kutatások helyszínein szintén végzett mágneses méréseket, sőt új mágneses műszereket is fejlesztett. A II. világháború utáni Magyarország első országos mágneses felmérését 1949–1950-ben már az ELGI végezte, *Barta György* vezetésével. Ez a felmérés 290 pontra terjedt ki.

A nemzetközi Nyugodt Nap Éve keretében szervezett mágneses világfelmérés részeként 1964–65-ben *Aczél Etelka* és *Stomfai Róbert* 300 állomásra kiterjedő újabb alaphálózat-mérést végzett. Annak érdekében, hogy a földmágneses alaphálózati mérések hosszú ideig megismételhetők legyenek, az állomásokat az országos földmérési alaphálózat háromszögelési pontjai mellé telepítették. A normálteret a földrajzi koordináták másodfokú függvényével írták le. A mérési adatokat az 1965,0 epochára redukálták a Tihanyi Geofizikai Obszervatórium regisztrátumainak felhasználásával. E mérések alapján nemcsak a mágneses tér új képét ismertük meg, hanem a mágneses tér változásának interpolációs kitöltése is biztonságosabbá válhatott (*Aczél, Stomfai 1968*) az 1890 és 1950 közötti időszakra, amikor szisztematikus, minden térkomponensre kiterjedő mágneses felmérésre nem került sor.

A továbbiakban két egymástól független tényező – a földmágneses tér szekuláris változásának pontosabb megismerése és nyomon követése iránti igény, valamint a város- és iparfejlesztés következtében egyre nagyobb területeken felépülő mágneses zavarok – felhívta a figyelmet arra, hogy az országos alaphálózati méréseket célszerű 15 évente megismételni. Így került sor 1979–1982-ben a *Lomniczi Tibor* és *Tóth Péter* nevével fémjelzett mérésekre. 299 ponton határozták meg a mágneses tér deklinációjának, horizontális intenzitásának és teljes térerősségének értékét. Ez utóbbi észleléséhez már protonprecessziós magnetométert használtak. A szomszédos államok földmágneses alaphálózataihoz való csatlakozás érdekében Ausztriában 15, Csehszlovákiában (a mai Szlovákia területén) 16 ponton történtek észlelések. A mérési adatokat az 1980,0 epochára redukálták. A mágneses tér különböző komponenseinek normális térbeli eloszlását leíró másodfokú polinomokat a legkisebb négyzetek módszerével határozták meg.

A legutóbbi alaphálózat-mérésre 1994–1995-ben került sor *Kovács Péter* és *Körmendi Alpár* közreműködésével (*Kovács, Körmendi 1999*). E hálózat csak 195 pontot tartalmaz, ugyanis az észlelésekből egyrészt kihagyták az előző mérések alapján anomálisnak bizonyuló állomásokat, másrészt sok régi alappont környezetében a legutóbbi mérések óta előálló ipari zajok lehetetlenné tették a mágneses komponensek zavarmentes és kellő pontosságú meghatározását. A szomszédos országokban, a határ mentén Ausztriában 4, Szlovákiában 6,

Ukrajnában (Kárpátalján) pedig 1 ponton határozták meg a földmágneses tér irányát és abszolút értékét. Méréseiket 1995,0 epochára vonatkoztatták. A geomágneses normáltér modellszámítása során a leggyakoribb érték szerinti kiegyenlítés módszerét alkalmazták.

Az országos hálózatok felmérése között eltelt, 15-16 éves időszak túl hosszú ahhoz, hogy a mágneses tér időbeli változása a felmért területen pontosan követhető legyen. Ezért, az 1965-ös kampány után, a kampányban használt hálózat anomáliamentes pontjaiból kiindulva *Aczél* és *Stomfai* (1969) egy kisebb, 15 pontból álló hálózatot is kijelölt a tér néhány éves időközönként történő rendszeres meghatározására. Ez az ún. szekuláris hálózat alkalmas a tér időbeli változásának monitorozására, és ezáltal az országos felmérések térképeinek folyamatos aktualizálására is. Az első szekuláris hálózati felmérésre 1966-ban került sor. A mai gyakorlat szerint a hálózat pontjait páros években 2 éves rendszerességgel mérjük. Szekuláris méréseinkkel csatlakoztunk a 2003-ban létrejött nemzetközi hálózati együttműködéshez, a MagNetE-hez, aminek keretében egyrészt vállaljuk az együttműködés által meghatározott mérési sztenderdek betartását, másrészt adatainkat egy közös adatbázis számára is szolgáltatjuk. Méréseink szerepet kapnak az 5 évente frissülő nemzetközi mágnesesreferencia-modell, az IGRF megalkotásában is.

2-2. táblázat. A földmágneses alaphálózatok összefoglaló táblázata

A mérés idő-tartama és vonatkozási éve	A feldolgozások irányítói	A pontok száma	A mért komponensek	Az alkalmazott műszerek
1847–1857 (1850,0)	K. Kreil J. Liznar	52	D, H, I	mágneses teodolit, földinduktor
1864–1879 (1875,0)	Schenzl Guidó	117	D, H, I	mágneses teodolit, földinduktor
1890–1894 (1890,0)	Kurländer Ignác	38	D, H, I	mágneses teodolit, földinduktor
1902–1917 (1903,0, 1906,0)	Eötvös Loránd	1600	D, H, I	mágneses teodolit, földinduktor
1934–1936 (1936,0)	Hofhauser Jenő	26	D	mágneses teodolit

A mérés idő- tartama és vonatkozási éve	A feldolgozások irányítói	A pontok száma	A mért kompo- nensek	Az alkalmazott műszerek
1949–1950 (1950,0)	<i>Barta György</i>	290	D, I, H	mágneses teodolit, földinduktor, QHM, BMZ
1964–1965 (1965,0)	<i>Aczél Etelka, Stomfai Róbert</i>	300	D, H, Z	QHM, BMZ
1979–1982 (1980,0)	<i>Lomniczi Tibor, Tóth Péter</i>	299	D, H, T	QHM, protonmagnetométer
1994–1995 (1995,0)	<i>Kovács Péter, Körmendi Alpár</i>	184	D, I, T	DI fluxgate magnetométer, protonmagnetométer

## Irodalom

- Aczél E., Stomfai R. (1968): Az 1964–65. évi magyarországi földmágneses alaphálózat mérés. *Geofizikai Közlemények* 17/3, 5–36
- Kovács P., Körmendi A. (1999): Geomagnetic repeat station survey in Hungary during 1994–1995 and the secular variation of the field between 1950 and 1995. *Geophysical Transactions* 42/3–4, 107–132

## 2.2. Obszervatóriumok

### 2.2.1. A Tihanyi Földmágneses Obszervatórium

*Hegymegi László, Szabó Zoltán*

A mágneses tér megfigyelése a régmúltban főleg a tájékozódást volt hivatott szolgálni. Később az obszervatóriumi adatok a földkéreg feltérképezésében és a Föld belső szerkezetének megismerésében is alapvető szerepet kaptak és kapnak jelenleg is. A Föld körül zajló elektromos és mágneses fizikai folyamatok megismerése is a földi obszervatóriumok folyamatos mágneses vagy ionoszféramegfigyelései alapján történhetett. A mágneses tér obszervatóriumi megfigyelése Magyarországon már az 1760-as évektől kezdve napi rendszerességgel folyt.

A II. világháború után, mikor az Ógyallai Obszervatórium újra Csehszlovákiához került, Magyarország ismét mágneses obszervatórium nélkül maradt. *Barta György*, aki lelkesen munkálkodott a mágneses alaphálózat újramérése érdekében, a redukciókhoz szükséges időbeli változást jellemző adatok regisztrálása céljából 1949-ben Budakeszin ideiglenes obszervatóriumot létesített, még az Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet keretében. 1950. szeptember 1-jén a földmágneses obszervatóriumi szolgálat átkerült az ELGI kötelekébe a Földfizikai (ekkor még Obszervatóriumi) osztályhoz. Az új állandó obszervatórium helykijelölő méréseinek befejezése után, 1953-ban elkészültek az obszervatórium tervei, majd augusztus 15-én megkezdődött az építkezés. Az épületek felépítése és felszerelése után 1954. november 15-én megnyílt a Tihanyi Obszervatórium.

A kezdeti időkben az időbeli változások regisztrálására és az abszolút mérésekhez az Ógyalláról átmentett klasszikus műszereket használták. A regisztrátumok fotópapírra készültek, melyeket az obszervatórium személyzete naponta cserélt és hívott elő helyben. A regisztrátumok feldolgozása kézi munkával történt, beleértve a bázismenet számolását, a napi maximumok és minimumok amplitúdójának és előfordulási idejének, illetve az óraátlag-értékek meghatározását. A megfigyelés eredményei a szintén kézi munkával előállított obszervatóriumi évkönyvben jelentek meg. Az obszervatórium személyzete általában 5–10 fő között mozgott, de a 70-es években a 16 főt is elérte. Igaz, ekkor a mágneses mérések mellett ionoszféra-, magnetoszféra-, meteorológiai, gravimetriai, paleomágneses, geotermikai megfigyelések is folytak, kőzetfizikai laboratórium is működött, és kisebb műszerfejlesztési tevékenység is folyt. Az 1990-es évek derekáig a munkatársak száma folyamatosan csökkent a jelenlegi háromra.

A technikai fejlődés, az első számítógépek megjelenése kézenfekvő lehetőséget kínált a mérések és a feldolgozási munka automatizálására. Ez a munka 1968-ban kezdődött el *Hegymegi László* irányításával. Az e téren végzett munka kezdetben ugyan nem csökkentette a létszámigényt, csak megváltoztatta az emberek tevékenységét, később azonban már lehetővé tette ugyanazon feladatok végrehajtását kevesebb emberi munka alkalmazásával. 1969-től az obszervatóriumi évkönyvek egy MINSZK-2 típusú számítógép felhasználásával készültek. 1970-től megindultak az első kísérletek a fotoregisztrálók kiváltására. Az automatizálás a kezdeti időben csak elektromos kimenetű variométerek és vonalírók használatát jelentette. 1973-ban már elkészült az első digitális regisztráló, mely az adatokat lyukszalaglyukasztó segítségével rögzítette. Sajnos a lyukszalagos

regisztrálás nem csökkentette a kézi munkát, sőt néha még növelte is, mivel a perforátor gyakori hibáit sziszifuszi kézi munkával kellett javítani, így 1977-től a regisztrálás már mágnesszalagra történt. Az igazi nagy változást a 1982-től az időközben megjelent PC-k adatrögzítője, a hajlékonylemez hozta. Az első igazán kompakt műszer a Bobrov-variométereket és beépített mikroprocesszort tartalmazó DIMARS (Digital Magnetic Recording System) volt, mely nagy feltűnést keltett az 1986-ban Kanadában megrendezett első IAGA obszervatóriumi műhelytalálkozón. Későbbi változata Tihany mellett Nagycenken, a Szovjetunióban és Indiában is dolgozott, sőt az Alibagi Obszervatóriumban (India) még 1997-ben is üzemben volt.

Szintén a hetvenes évek elején készült el házi kivitelezésben, a plazmaszféra-elektronsűrűség monitorozására szolgáló whistler (VLF tartományban mérhető EM hullám) regisztráló berendezés első automatikus vezérlője. Ezt akkor még egy kisebb iratszekrény méretű kvarcóra vezérelte, és a kapott jeleket a hasonló méretű szalagos magnetofon rögzítette. A hetvenes évek végén elég nagy költséggel elkészült egy, a maga korában egyedülálló digitális változat, mely már real-time üzemben analizálta a beérkező jeleket, és csak magukat a whistlereket rögzítette. Ezzel egyszerre lehetett megszüntetni a megfigyelt időintervallum óránként kétperces korlátját és megszabadulni a whistlerok kiválogatásának rendkívül időigényes tevékenységétől. Szerencsétlenségünkre a berendezést egy, még a próbaüzem ideje alatt bekövetkező villámcsapás tönkretette, és helyreállítására soha többé nem volt lehetőség. A számítógépek rohamos fejlődése a kétezres évek elejére lehetővé tette az automatikus és folyamatos whistlerészleléseket. Napjainkban a tihanyihoz hasonló felépítésű állomásokból álló globális megfigyelőrendszert (AWDANet) az ELTE Űrkutató Csoportja koordinálja.

Jelentős mérföldkő a Tihanyi Geofizikai Obszervatórium történetében az 1991. év. Ekkortól lett alapító tagja az INTERMAGNET nemzetközi együttműködésnek, amely mára 41 ország 127 obszervatóriumának közös szervezete lett. Ezáltal az ELGI a világszervezet bizottságaiban is helyet kapott. Az együttműködésben részt vevőknek meghatározott előírárendszerrel kell teljesíteniük, tehát a tagság egyben egy garantált színvonalat is jelent. A követelmények a technika fejlődésével emelkednek, így aki tag akar maradni, annak folyamatosan fejlesztenie kell. Az egykori lassúvariációs fotóregisztrátum által biztosított, körülbelül kétperces időbeli és nanoteszlás mágneses felbontás pl. mára 100 Hz fölötti mintavételre és 1 pikotesla mágneses felbontásra változott.



Az egykori DIMARS időközben elavulttá vált, konstrukcióját a mai technikai adottságok felhasználásával újabb adatgyűjtőrendszerek váltották fel, amelyek szoftverének fejlesztését *Merényi László* végezte. A jelenlegi, MAGREC-re keresztelt kisebb méretű és áramfogyasztású változat már képes akár 500 Hz feletti mintavételezésre is, az időcímkézési pontossága GPS-vevő használata esetén kb. 1-2 ms (de a GPS ún. pulse-per-second impulzusjelét mint trigger használva, az arra alkalmas digitalizáló használata esetén a mintavétel időpontossága az 0,01 ms-ot is elérheti). A MAGREC Linux operációs rendszerre épül, és így támogatja az internetes távoli elérési és adatküldési protollokat (FTP, SFTP, SSH, VNC stb.). Tihanyban 1998-tól van ugyan internetszolgáltatás, de a folyamatos kapcsolatot csak 2003-ban sikerült megvalósítani. A mágneses tér elemeinek perces átlagai eleinte, 1991-től a Meteosat műholdon keresztül jutottak el óránként a nemzetközi adatközpontba. Az adattovábbítást később e-maillal váltottuk fel, 2013-tól pedig kvázi-real-time (5 perces frissítésű) adatszolgáltatást is folytatunk az internet révén.

A nukleáris (protonprecessziós, rubídium- stb.) magnetométerek az 1950-es években jelentek meg. Ezek a műszerek csupán a mágneses tér intenzitását képesek mérni, de nagy előnyük, hogy a kapott értékek frekvenciamérés (időmérés) eredményeként állnak elő a környezeti hatásoktól (pl. hőmérséklet, nyomás) gyakorlatilag függetlenül. Az ilyen berendezésekkel végzett mérések tehát abszolút mérések, s így a műszerek nem igényelnek kalibrálást. Az 1970-es évek elején protonprecessziós magnetométer fejlesztése a Tihanyi Geofizikai Obszervatóriumban is folyt *Szemerédy Pál* (1927–2012) vezetésével.

A nukleáris magnetométerek megjelenése hamar életre hívta az ilyen berendezésekre épülő vektor-magnetométereket is, hogy az alapvetően skalár-magnetométereket alkalmassá tegyék a mágneses tér komponenseinek mérésére is. Egy 1993-ban kezdeményezett magyar–amerikai közös projekt keretében elindult egy, még az 1950-es években publikált, de bizonyos kényelmetlen tulajdonságai miatt szinte mára már elfelejtett mérési módszer, az ún. delta I – delta D (dIdD) adaptálása a modern technika eszközeire. Ebben a mérési eljárásban két, egymásra merőleges tekercs vesz részt, amelyek homogén mágneses teret indukálnak. Az alkalmas rendben elvégzett mérésekből a mágneses indukció vektorának iránya is meghatározható. Ekkor kezdődött meg az ELGI által e célra tervezett tekercsrendszer fizikai megvalósítása, amelynek méretei már megfeleltek a modern obszervatóriumi követelményeknek. A létrehozott műszer és ennek korszerűbb utódai ma már a tihanyi obszervatóriumon kívül a világ számos pont-

ján működnék. A műszer a kezdetek óta egy sor fejlesztésen ment keresztül. A rendszer kalibrációjának lehetőségeiben is jelentős előrelépések születtek. Az elért nagy bázisvonal-stabilitás, valamint a nukleáris magnetométerek gyors fejlődése esélyt ad arra, hogy a jövőben ez a műszer hosszabb távon is szerepet játsszon az obszervatóriumi, sőt egyes terepi alkalmazásokban is.

Földmágneses pulzációk észlelése kampányszerűen már legalább az 1960-as évektől folyt, részben az MTA GGKI-val együttműködésben. E terület kutatásának egy amerikai–magyar közös pályázat adott új lendületet az 1990-es évek közepén. A projekt vezetői *A. W. Green*, a USGS Geomágneses Osztályának vezetője (Golden, Colorado), akkoriban az INTERMAGNET elnöke, illetve magyar részről *Körmendi Alpár* (ELGI Tihanyi Geofizikai Obszervatóriumának vezetője) volt.

Részben a pályázati lehetőségek megváltozása, részben *Green* halála a tervezett globális hálózat létrejöttét ugyan megakadályozta, azonban a koncepció kissé átalakult formában 2001-ben újraéledt. Az 1999-es napfogyatkozás alkalmával szervezett egyhetes mérési kampány mint előzmény után ekkor hoztuk létre *Heilig Balázs* kezdeményezésére és koordinációjával az MM100 meridionális európai földmágneses pulzációt megfigyelő hálózatot, a már meglévő európai infrastruktúrára alapozva. A név arra utal, hogy a hálózatba bevont finn, észt, lengyel, szlovák és magyar állomások hozzávetőlegesen a 110. mágneses meridián mentén helyezkednek el. Az állomáshálózat nemzetközi kampányok résztvevője volt (pl. Nemzetközi Heliofizikai Év), és adatai alacsony földpályás (CHAMP) és a bolygóközi térben megfigyelést végző műholdakkal (WIND, ACE, CLUSTER) kombinálva hasznosultak igazán. 2012-ben került sor az MM100 és az olasz–oszt-rák SEGMA-hálózat egyesítésére mintegy 25 állomás részvételével. Az új, egyesített hálózat neve EMMA lett (European quasi-Meridional Magnetic Array). Az EMMA fő feladata továbbra is az erővonal-rezonanciák megfigyelése, s ennek révén a plazmaszféra plazmasűrűségének folyamatos, közel valós idejű monitorozása a teljes hálózat mentén.

#### A Tihanyi Geofizikai Obszervatórium vezetői:

1954–1960	<i>Nyitrai Tibor</i>	1977–1981	<i>Tóth Péter</i>
1960–1968	<i>Sajti László</i>	1981–1982	<i>Hegymegi László</i>
1968–1977	<i>Nemes István</i>	1982–1998	<i>Körmendi Alpár</i>
	1998–	<i>Csontos András</i>	

## Irodalom

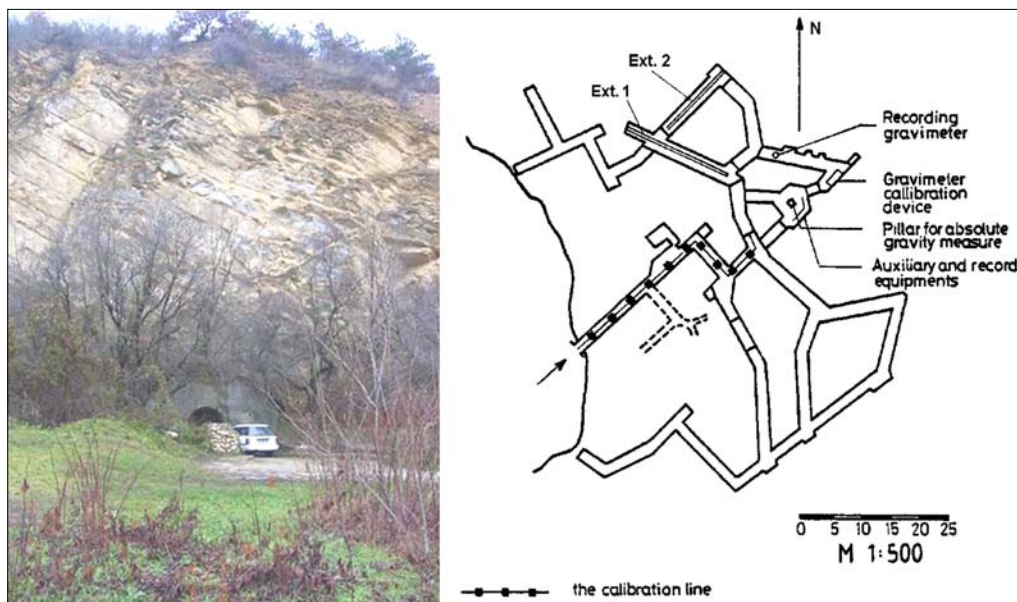
- A tihanyi földmágneses obszervatórium megfigyelései 1955–1968. ELGI, Budapest  
Annual Report, Geophysical Observatory Tihany, 1969–1987. MÁELGI, Budapest, 1989
- Csontos A., Hegymegi L., Heilig B., Körmendi A. (2001): The test of the delta “I” delta “D” (DIDD) measuring system in Tihany Geophysical Observatory of ELGI. *Contributions to Geophysics and Geodesy* 31, 323–330
- Csontos A., Hegymegi L., Heilig B., Kovács P., Merényi L., Szabó Z. (2007a): 50 Years of History of the Tihany Geophysical Observatory. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. C-99* (398), 32–37
- Csontos A., Sugar D., Brkić M., Kovács P., Hegymegi L. (2012): How to control a temporary DIDD based observatory in the field? Special issue of “Annals of Geophysics” on 5th MagNetE Workshop on European Geomagnetic Station Survey, Rome, Italy pp. 1085–1094.
- Hegymegi L., Heilig B., Csontos A. (2004): New suspended dIdD magnetometer for observatory (and field?) use. *Proceedings XIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition and Processing*, Kakioka, Japan 2004, pp. 28–33
- Heilig B., Lühr H., Rother M., (2007a): Comprehensive study of ULF upstream waves observed in the topside ionosphere by CHAMP and on the ground. *Annales Geophysicae* 25, 737–754
- Heilig B., Lotz S., Verő J., Sutcliffe P., Reda J., Pajunpää K., Raita T. (2010): Empirically modelled Pc3 activity based on solar wind parameters. *Annales Geophysicae* 28, 1703–1722
- Heilig B., (2007): Intercalibration of dIdD and fluxgate magnetometers. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. C-99* (398), 144–151
- Heilig B., 2012: Determining the orthogonality error of coil systems by means of a scalar magnetometer: application to delta inclination-delta declination (dIdD) magnetometers. *Measurement Science and Technology* 23, 37001, doi: 10.1088/0957-0233/23/3/037001
- Kovács P., Csontos A., Heilig B., Hegymegi L., Merényi L., Vadász G., Koppán A. (2012): Földmágnesség: Tihanyi Geofizikai Obszervatórium. *Magyar Geofizika* 53, 3.
- Magnetic Observatory Definitive Data (digital data on CD-ROM, from 2008 on DVD), INTERMAGNET, Chambon-la-Forêt, 1991–2010
- Pankratz L. W., Sauter E. A., Körmendi A., Hegymegi L. (1999): The US–Hungarian Delta I – Delta D (DIDD) Quasi-absolute Spherical Coil System. Its history, evolution and future. *Geophysical Transactions* 42/3–4, 195–202

## 2.2.2. Mátyás-hegyi Gravitációs és Geodinamikai Observatórium

*Kis Márta*

Az obszervatórium Budapest ÉNy-i részén található, a Mátyás-hegyi karsztos eredetű barlangrendszer egy mesterségesen átalakított részében, melyet eredetileg termálvíz formált felső eocén nummuliteszes mészkőben. Az ELGI kérésére az Országos Természetvédelmi Hivatal 1976-ban engedélyezte a barlang egy jól szeparálható részének használatát. A fő cél az országos gravimetriai főalappont és egy ehhez csatlakozó geodinamikai mérőállomás létesítése volt, melyen a mérések a környezeti zavaró hatásoktól jórészt mentes körülmények mellett hajthatók végre, és melynek változatlan állapotban való fennmaradása belátható időig biztosított. A mérőállomás nagy átalakító beruházásokat követően (vágatkihajtások, belső térképezés, új bejárat nyitása, villamosenergia-ellátása, víz- és csatornarendszer kialakítása) 1978-ban kezdte meg működését.

Az állomás fő funkciója az országos gravimetriai főalappont fenntartása mellett a gravitációs tér változásával (földi árapály, hosszú idejű változások) és



2-3. ábra. Az obszervatórium bejárata és alaprajza

egyéb földfizikai folyamatokkal összefüggő hosszú periódusú geodinamikai jelenségek folyamatos tanulmányozása. Az állomás fő tevékenységei a következők: relatív és abszolút gravitációs mérések, relatív graviméterek kalibrálása, geodinamikai árapály- és nem árapály eredetű kőzetdeformációk monitorozása hosszú kvarccsöves extenzométeres mérőrendszerrel, graviméteres monitorozó mérések, környezeti paraméterek (kőzet- és levegőhőmérséklet, légnyomás, páratartalom) megfigyelése. Az obszervatórium alaprajzát a 2-3. ábra mutatja be. A jellemző karsztvíz-szint mintegy 100 m-rel az állomás szintje alatt van, a Duna 2 km távolságra folyik az obszervatóriumtól, melynek vízszintváltozása nem befolyásolja a méréseket. A mérőegységek a barlang belsejében, a barlang bejáratától mintegy 80–90 m távolságban, a hegy felszínétől számítva pedig 30–35 m mélységben helyezkednek el. A vágatok éves hőmérséklet-változása kevesebb, mint 0,2 °C, így stabil környezeti feltételeket biztosítanak a megfigyelésekhez.

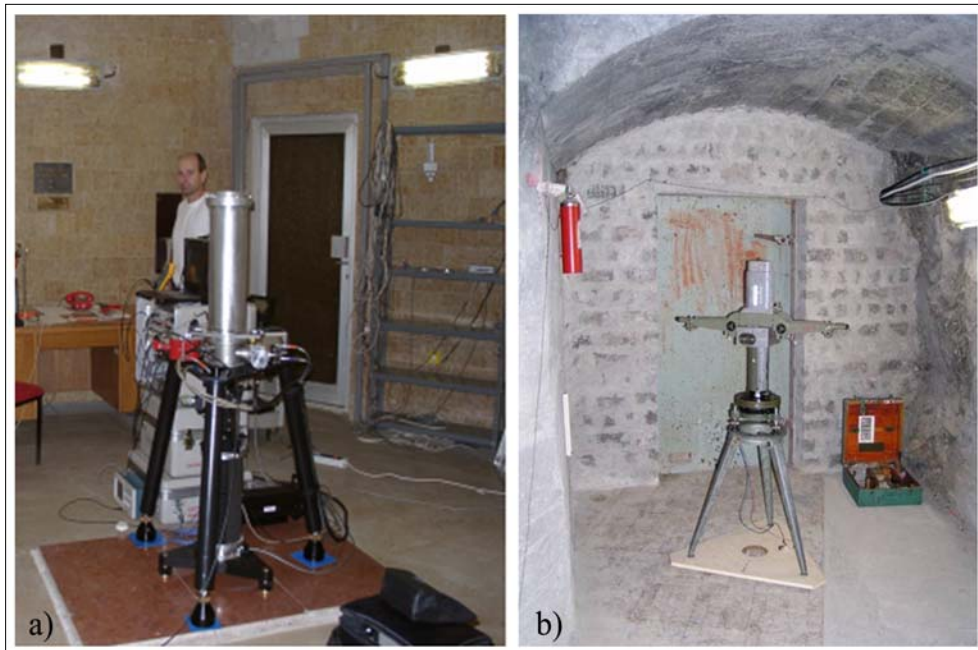
Az országos gravimetriai főalapponton rendszeres relatív graviméteres mérések mellett az első abszolút  $g$ -mérést 1980-ban végezték, a szabadesés elvén működő orosz GABL hordozható lézergraviméter segítségével. Ezt követően 2007-ig öt további abszolút mérés történt a hosszú idejű gravitációs változások megfigyelése érdekében, 1991-ben az amerikai JILAG, majd 1993-tól különböző típusú AXIS lézergraviméterek segítségével. A mérések alapján a főalapponton az abszolút  $g$  érték változása 0,1–3,5  $\mu\text{Gal}/\text{év}$  között volt. A főalappont része az Országos Graviméterkalibráló Alapvonalnak és az Országos Gravimetriai Alaphálózatnak.

A gravitációs tér változását monitorozó, főként a földi árapály vizsgálata céljából végzett relatív graviméteres mérések 1982 márciusától folytak a barlangban, felváltva a korábban a tihanyi obszervatóriumban zajló árapály-megfigyeléseket. Az adatok elemzéséből megállapították, hogy a graviméteres regisztráláshoz kedvezőbbek a feltételek a föld alatti állomáson, a környezeti feltételek állandósága miatt. A méréseket kezdetben Askania graviméterrel és tudományos együttműködések keretében (pl. darmstadti Műszaki Egyetem) külföldről hozott graviméterekkel (LCR) végezték. Az összehasonlító mérések során kimutatták az LCR (LaCosta–Romberg) műszerek instrumentális fáziskésését, melynek értelmezése korábban nehézségekbe ütközött, valamint meghatározták a fáziskésések korrekcióját.

1984-ben került sor a barlangban egy mikrogravitációs hálózat és mikrobázisvonal létesítésére a gravimetriai főalappont közvetlen környezetében és a mérőállomás területén jellemző horizontális gradiens viszonyok megállapítása

érdekében. A mikrobázispontokon Eötvös-inga és LCR relatív graviméterek segítségével történtek és történnek a mérések.

1980 tavaszán a moszkvai Geofizikai Intézettel való együttműködés keretében telepítették az állomáson az első felfüggesztett, 21,3 m hosszú kvarccsöves extenzométert (Ext1), melyet nagyjából K–Ny-i irányban tájoltak (azimut  $114^\circ$ ). A hosszú extenzométerek horizontális kőzetdeformáció-adatokat szolgáltatnak nanométeres pontossággal, relatív felbontóképességük  $10^{-10}$ – $10^{-11}$ . Az eszköz érzékenysége és stabilitása lehetővé teszi a földi árapályterhelés hatására létrejövő kőzetdeformációk mellett a hosszú periódusú tektonikai és földrengés-eredetű, recens kéregmozgásokból, valamint a Föld sajátrezgéseiből származó horizontális deformációk megfigyelését és elemzését. Az elmozdulás érzékelését kezdetben fotoregisztrálással oldották meg, melyet 1981-ben az MTA GGKI által tervezett nagy mérési pontosságot lehetővé tevő kapacitív mérőátalakító telepítésével váltottak fel. A műszer magnetostrikciós elven alapuló önálló hite-



2-4. ábra. Abszolút graviméteres mérés a főalapponton (a), Eötvös-ingamérés a mikrobázis egy pontján (b)

lesítő egységgel rendelkezik. A második, 13,8 m hosszúságú extenzométert 1985-ben létesítették, melyet szintén kapacitív szenzorral szereltek fel. A két extenzométer a természet adta lehetőségek alapján majdnem merőleges egymásra, 76°-os szöget zárnak be.

Gravitációs és extenzométeres monitorozó mérések az 1990-es évek közepéig zajlottak a barlangban, ezt követően technikai és pénzügyi problémák miatt az országos főalapponton zajló abszolút és kalibráló célú relatív graviméteres mérésekre korlátozódott az obszervatórium működése. 2003-ban került sor az extenzométerek teljes felújítására és új kapacitív mérőelektronikával való felszerelésére (az MTA GGKI-val való tudományos együttműködés keretében), ezzel

együtt a nagy pontosságú kőzetdeformáció-megfigyelések újraindítására, illetve az obszervatórium új digitális mérő- és adatgyűjtő rendszerének kialakítására.

Ezzel összefüggésben az árapály- és nem árapály eredetű összetevők tanulmányozása mellett végeselemes modellezés segítségével elemezzük a gravitációs terhelésből származó kőzetdeformációs tér változásait, valamint vizsgáljuk a kőzetdeformációs adatsorban megjelenő, földrengésekkel és szeizmikus rezgésekkel összefüggő hatásokat. Monitorozó graviméteres árapály-megfigyelések 2010 óta folynak újra a barlangban, LCR-G graviméterek alkalmazásával.

1990-ben az obszervatóriumban egy egyedülálló, az ELGI által tervezett és kivitelezett graviméterhitelesítő be-



2-5. ábra. Tömegmozgató graviméterkalibráló berendezés



rendezés installálására került sor, elsősorban a földi árapály változásait regisztráló relatív graviméterek kalibrálásának céljából. A kalibrálás során egy kb. 3100 kg tömegű, acélból készült hengergyűrű mozog vertikálisan a gyűrű belsőjében, pilléren elhelyezett műszer körül. A mozgó tömeg gravitációs hatása pontosan számítható az ismert geometriai és anyagjellemző paraméterek ismeretében. A maximális elméleti gravitációs változás 109,98  $\mu\text{Gal}$ , így az eszköz kiváló lehetőséget biztosít relatív graviméterek finomkalibrálására az árapálytartományban. Az eszköz a 1990-es évek közepétől használaton kívül volt, 2012-ben és 2013-ban valósult meg a berendezés teljes körű felújítása és vezérlésének újjáépítése. Az új intelligens PLC alapú vezérlőegység lehetővé teszi a kalibráló tömeg mozgatásának kézi, illetve előre beprogramozott vezérlését. A tömeg pozicionálásának pontossága 0,1 mm, több várakozási pozíció és idő adható meg. A barlangban alkalmazott Linux alapú regisztrálórendszer segítségével interneten keresztül is vezérelhető a mérés. A berendezést hazai és külföldi kutatók alkalmazták relatív graviméterek karakterisztikájának és műszerszorozójának laboratóriumi meghatározására.

## Irodalom

- Latinina L. A., Szabó Gy., Varga P. (1984): Observations of the deformation of the Earth's crust in the „Mátyás-hegy”-cave near Budapest. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* 19/3–4, 197–205
- Kis M., Detzky G., Koppán A. (2013): 3D FE modelling of gravity-driven rock-deformations for the estimation of cavity effect and sensitivity. Extended abstracts of 7th Congress of the Balkan Geophysical Society, October 2013, DOI: 10.3997/2214-4609.20131737
- Koppán A., Kis M., Kovács P., Merényi L., Vadász G. (2014): Observatory gravimeter calibration results with magnetic correction. Conference papers of 6th Croatian–Hungarian and 17th Hungarian Geomathematical Congress, pp. 145–150
- Mentes Gy., Eper-Papai I., Kis M., Újvári G. (2006): New results of the extensometric measurements at Budapest Geodynamic Observatory. *Bulletin d'Information des Marées Terrestres* 141, 11263–11269
- Varga P., Varga T. (1994): Recent horizontal deformation in the Pannonian basin measured with extensometers. *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* 29/1–2, 57–80
- Varga P., Hajósy A., Csapó G. (1995): Laboratory calibration of LaCoste–Romberg type gravimeters by using a heavy cylindrical ring. *Geophys. J. Int.* 120, 745–757



### 2.2.3. Sekély-geotermikus mérések és modellezések

*Merényi László*

A geotermikus energiában rejlő potenciált felismerve a Földfizikai Főosztály az 1990-es évek elejétől felszín alatti kísérleti hőáramméréseket indított. Az eredeti elképzelés szerint a felszín alatti kis intenzitású hőáramot is kimutatni képes nagy érzékenységű, termoelem elven működő szondákkal kívánták monitorozni a felszín alatti hőáramot, hőtranszportfolyamatokat. A Tihanyi Obszervatórium területén viszonylag sekély mélységbe telepítettek hőárammérő szondákat, továbbá két szonda üzemelt nagyobb mélységben, egy bakonyi bánya járataiban. A mérések fenntartása és az adatok feldolgozása azonban pár év múlva megszakadt. A téma *Merényi László* vezetésével 2002-től indult újra. A Szentendre területén, a Duna mellett található papszigeti ELGI mérőállomáson és a Földfizikai Főosztály budapesti, Tallér utcai telephelyén 3–15 m mélységbe telepítettek hőárammérő szenzorokat. Az egy térirányban mérő egyszerűbb szenzorok mellett a Budapesti Műszaki Egyetemen kifejlesztett geometria szerint három térirányban is mérő, háromdimenziós szenzorok is készültek az ELGI-ben. A monitoring jellegű méréseknél egy idő után egy század Celsius-foknyi, majd még érzékenyebb, néhány ezred Celsius-foknyi változásokat is kimutatni képes nagy érzékenységű hőmérsékletmérő szenzorokat is használt az ELGI. A papszigeti és Tallér utcai méréseken felül újabb földhő-monitorozó pontok valósultak meg a Tihanyi Obszervatóriumban és a Mátyás-hegyi Geodinamikai Állomáson.

Több évnyi útkeresés után, kb. 2006-tól a talajszondás földhőszivattyús rendszerek intenzívebb hazai elterjedése adta meg igazán a sekély geotermikus kutatások létjogosultságát. A talajszondás rendszerek alapvetően nem a hagyományos értelemben vett geotermikus energiát, geotermikus hőáramot hasznosítják, hanem részben a talajban tárolt hőt, részben pedig a felszín felől megújuló hőt, gyakorlatilag a napenergiát. A sekély mélységekben végzett hőáram- és hőmérsékletmérések egyrészt segíthetik meghatározni adott helyen a hőtermelés fenntarthatóságát, a hőutánpótlódás gyorsaságát, másrészt működő talajszonda mellett végezve a mérést, a talajszonda működéséről, teljesítményéről nyerhető fontos információ.

A mérések egyik konkrét alkalmazása lett a felszínközeli rétegek hőtani paramétereinek a meghatározása. Az egyik, az ELGI-ben folyamatosan tesztelt és fejlesztett módszer szerint a felszínen, illetve különböző mélységekben mért

természetes hőáram- és/vagy hőmérsékletmenetek között megfigyelhető fáziskésésből, illetve amplitúdóváltozásból következtetni lehet a talaj hőmérséklet-vezetési tényezőjére. Igaz, csak viszonylag rövid ideig, de az országban két helyen is megvalósult működő talajszonda melletti monitorozó mérés, a mért adatok mindkét esetben sikeresen hozzájárultak a talajszondáknak az adott földtani, vízföldtani környezetben való viselkedésének jobb megismeréséhez, megértéséhez.

2008-tól kezdve a mérések mellett egyre fontosabb szerepet kaptak a számítógépes hőáram-szimulációk is. A szimulációkkal az ELGI-ben vizsgálták többek között a talajvíz hatását vagy hagyományos és speciális talajszondás rendszerek várható hosszú távú teljesítményét, viselkedését. Már létező numerikus modellezőprogramok és saját fejlesztésű számítógépes modellek és segédprogramok összekapcsolásával sok évnyi fejlesztés után létrejött egy olyan összetett szimulációs szoftverrendszer, mely a talajszondás, földhőszivattyús rendszerek legtöbb fontos elemét (beleértve a hőszivattyú működését is) egyszerre képes modellezni.

A sekély geotermikus mérésekkel és modellezésekkel szerzett szakmai tapasztalatok és ismeretek igen hasznosnak bizonyultak a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal kérésére készült tanulmányok és szakvélemények készítésekor.

## 2.3. Paleomágneses kutatások

*Mártonné Szalay Emő*

*Egyed László*, az ELTE Geofizikai Tanszékének vezetője 1961-ben kezdeményezte a paleomágneses kutatás megindítását Magyarországon. Két munkatársát bízta meg a műszeres és módszertani feltételek megteremtésével: az előbbi *Szemerédy Pál*, az utóbbi *Márton Péter* nevéhez fűződik. *Egyed László* a módszertől – amely adatokat képes szolgáltatni egy-egy helynek a földtörténet folyamán elfoglalt szélességére – földtágulási elméletének alátámasztását remélte, amennyiben a táguló Földön egy kontinensen belül (ma inkább merevlemeznek hívnánk) két hely közötti szélességkülönbségnek csökkennie kell. Néhány éven belül kiderült, hogy a paleoszélességek meghatározása túl nagy hibával terhelt ahhoz, hogy az elmélet alátámasztásához belátható időn belül megbízható adatokat lehessen nyerni. Időközben azonban a Geofizikai Tanszéken létrehozott műszerbázison,

amely világviszonylatban is versenyképes volt, már folyt a mágneses tér múltjának megismerését, illetve a vulkáni szintek magnetosztratigráfiai korrelációját célzó paleomágneses kutatás is.

A Geofizikai Intézetben 1964-től mutatkozott érdeklődés a paleomágnesesség iránt, ahol a *Barta György* által vezetett Observatóriumi Osztályon 1966-tól a paleomágnesség önálló témává vált. Első műszereink az ELTE Geofizikai Tanszékén készültek. A kőzetgenerátor éppúgy, mint a váltóterű lemágnesező a Tanszék műszereinek másodpéldánya volt. Ezeket az Intézet Tihanyi Observatóriumában üzemeltettük elsősorban budapesti munkaerő hiánya miatt. A Geofizikai Intézet nevével fémjelzett paleomágneses méréseket az Intézet munkatársai egészen 1981-ig két helyszínen készítették, az ELGI Tihanyi Observatóriumában és az ELTE Geofizikai Tanszékén.

A módszerben rejlő lehetőségek és a magyarországi eredményekből is egyre nyilvánvalóbb tektonikai és geológiai korrelációs eredmények felkeltették a hazai geológus társadalom érdeklődését. Először *Szádeczky Kardoss Elemér* (a Közzettan-Geokémiai Tanszék vezetője), majd a hetvenes évek második felében *Fülöp József* (a Központi Földtani Hivatal elnöke) és *Hámor Géza* (a Magyar Állami Földtani Intézet igazgatója) nyújtott hathatós elvi és anyagi támogatást ahhoz, hogy az 1980-as évek elejére az akkor már kereskedelmi forgalomban is kapható kitűnő műszerek közül többet beszerezhessünk.

A Geofizikai Intézet Paleomágneses Laboratóriumát (amelynek magnetosztratigráfiai részlege 1981-től kezdve a MÁFI-val közösen üzemel) egy bérlemben helyezte el. Két budapesti segéderő, majd *Bordás Róbert* geofizikus alkalmazásával (aki doktori fokozata megszerzése után 1993-ban Brnóba költözött) modern és egy helyre telepített műszerbázison nagy lendületet vett intézetünkben a paleomágneses kutatás, amelynek homlokterébe a tektonikai alkalmazás került. Ebből az időszakból említésre méltó a laboratóriumi munka hatékonyságának jelentős javítása olyan programrendszer megalkotásával, amely lehetővé teszi a mérési adatok online gyűjtését, az adatok többrétű feldolgozását, egyidejűleg grafikus megjelenítéssel. A programon közel két évig dolgozott a laboratórium, míg időtálló és felhasználóbarát programrendszert hozott létre. Pozitív hatással volt a működésre a laboratórium használatára rendelt gépkocsi is.

Nemzetközi kapcsolatok terén a szocialista országok akadémiai közötti együttműködés bürokratikus rendszerét a hetvenes évek végétől fokozatosan kikezdte az ELGI Paleomágneses Laboratóriuma, valamint Ausztria és Jugoszlávia partnerintézményei között bekövetkezett kétoldalú kapcsolatok felvétele.



2-6. ábra. Az ELGI Paleomágneses Laboratóriumának kétoldalú nemzetközi munkakapcsolatai 1980-tól

Robbanásszerű változást hozott a rendszerváltás, amikor az intézmények közötti megállapodásokat felváltották informális vagy projektekben definiált közös kutatások, amelyeket az érintett kutatók kezdeményeztek. A kétoldali nemzetközi munkakapcsolatok létrejöttében döntő szerepet játszottak a nemzetközi konferenciákon tartott előadások és nemzetközi programokban való részvétel. Utóbbiak közül az IGCP projektek és az 1990-es években az ESF 10 éves futamidejű PANCARDI projektje volt a leghasznosabb. A nemzetközi kapcsolatok bővülésével az eredmények közreadása (előadások és nyomtatott dolgozatok

formájában) is intenzívebbé vált. Ezt jól jellemzi a tudományos dolgozatok számának és megjelenési helyének alakulása. A Geofizikai Intézetben készült, 1967 óta nyomtatásban megjelent 142 tudományos dolgozat közül 23 jelent meg 1979-ig bezárólag, 1980–1989 között 36, 1990–1999 között 46 (ebből 2 db *Bordás Róbert* nevéhez fűződik) és 2000–2004 között 39. Míg az első időszakban egyet, a legutolsóban négy kivételével az összes cikket referált folyóirat közölte. Terjedelmi korlátok miatt teljes publikációs lista helyett rövid válogatás dokumentálja a paleomágneses kutatások eredményeit.

## Irodalom

- Márton E., Mauritsch H. J. (1990): Structural applications and discussion of a paleomagnetic post-Paleozoic data base for the Central Mediterranean. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 62, 46–59
- Márton E. (1993): Paleomagnetism in the Mediterranean from Spain to the Aegean: a review of data relevant to Cenozoic movements. Kluwer Academic Publishers in *“Recent Evolution and Seismicity of the Mediterranean region”*, Mantovani E., Morelli A., Boschi E. (eds.), NATO ASI Series C 402, 367–402
- Márton E., Nardi G. (1994): Cretaceous palaeomagnetic results from Murge (Apulia, Southern Italy): tectonic implications. *Geophysical Journal International* 119, 842–856
- Kováč M., Král’ J., Márton E., Plašienka D., Uher P. (1994): Alpine uplift history of the Central Western Carpathians: geochronological, paleomagnetic, sedimentary and structural data. *Geologica Carpatica* 45/2, 83–96
- Márton E., Fodor L. (1995): Combination of palaeomagnetic and stress data – a case study from North Hungary. *Tectonophysics* 242, 99–114
- Mauritsch H., Márton E. (1995): Escape models of the Alpine–Carpathian–Pannonian region in the light of palaeomagnetic observations. *Terra Nova* 7, 44–50
- Márton E., Haas J. (1996): Ancient platform carbonates with well-developed Lofercyclicity: new candidates for magnetostratigraphy and geodynamically oriented paleomagnetism. *Geophysical Journal International* 126, 253–262
- Márton E., Márton P. (1996): Large scale rotations in North Hungary during the Neogene as indicated by palaeomagnetic data. In: Morris A. & Tarling D. H. (eds), *Palaeomagnetism and Tectonics of the Mediterranean Region*, Geological Society Special Publication No. 105, 153–173.
- Márton E. (1998): The bending model of the Transdanubian Central Range (Hungary) in the light of Triassic palaeomagnetic data. *Geophysical Journal International* 134, 625–633

- Márton E., Pécskay Z. (1998): Correlation and dating of the Miocene ignimbritic volcanics in the Bükk foreland, Hungary: complex evaluation of paleomagnetic and K/Ar isotope data. *Acta Geologica Hungarica* 41, 467–476
- Fodor L., Jelen B., Márton E., Skaberne D., Čar J., Vrabec M. (1998): Miocene–Pliocene tectonic evolution of the Slovenian Periadriatic Line and surrounding area – Implications for Alpine–Carpathian extrusion models. *Tectonics* 17, 690–709
- Márton E., Mastella L., Tokarski A. K. (1999): Large counterclockwise rotation of the Inner West Carpathian Paleogene Flysch – evidence from paleomagnetic investigation of the Podhale Flysch (Poland). *Physics and Chemistry of the Earth (A)* 24, 645–649
- Márton E., Kuhlemann J., Frisch W., Dunkl I. (2000): Miocene rotations in the Eastern Alps – Paleomagnetic results from intramontane basin sediments. *Tectonophysics* 323, 163–182
- Márton E., Mansy J-L., Averbuch O., Csontos L. (2000): The Variscan belt of N France – S Belgium: geodynamic implications of new paleomagnetic data. *Tectonophysics* 324, 57–80
- Márton E., Vass D., Túnyi I. (2000): Counterclockwise rotations of the Neogene rocks in the East Slovak Basin. *Geologica Carpathica* 51, 159–168
- Márton E. (2001): Tectonic implications of Tertiary paleomagnetic results from the PANCARDI area (Hungarian contribution). *Acta Geologica Hungarica* 44, 135–144
- Márton E., Fodor L., Jelen B., Márton P., Rifelj H., Kevrić R. (2002): Miocene to Quaternary deformation in NE Slovenia: complex paleomagnetic and structural study. *Journal of Geodynamics* 34, 627–651
- Márton E., Pavelić D., Tomljenović B., Avanić R., Pamić J., Márton P. (2002): In the wake of a counterclockwise rotating Adriatic microplate: Neogene paleomagnetic results from Northern Croatia. *International Journal of Earth Sciences* 91, 514–523
- Márton E., Fodor L. (2003): Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the Transdanubian Range (Hungary); sign for rotational disintegration of the Alcapa unit. *Tectonophysics* 363, 201–224
- Márton E., Drobne K., Čosović V., Moro A. (2003): Palaeomagnetic evidence for Tertiary counterclockwise rotation of Adria. *Tectonophysics* 377, 143–156
- Márton E., Abranches M. C., Pais J. J. P. (2004): Iberia in the Cretaceous: new palaeomagnetic results from Portugal. *Journal of Geodynamics* 38, 209–221
- Márton E., Tokarski A. K., Halász D. (2004): Late Miocene counterclockwise rotation of the Pieniny andesites at the contact of the Inner and Outer West Carpathians. *Geologica Carpathica* 55, 411–419

# 3. fejezet

## **Országos geofizikai alapkutatások**

*Bodoky Tamás, Fancsik Tamás, Hegedűs Endre, Kovács Attila Csaba,  
Nagy Attila, Nemesi László, Posgay Károly, R. Tátrai Marianna,  
Ráner Géza<sup>†</sup>, Szabó Zoltán, Török István, Török Kálmán, Varga Géza*

## 3.1. Országos gravitációs és mágneses mérések, illetve térképek

*Szabó Zoltán*

### 3.1.1. Országos térképek földi mérések alapján

Az áttekintő<sup>1)</sup> mérések alapján 1966-ban készült el Magyarország földmágneses  $\Delta Z$ -anomáliatérképe 1:500 000 méretarányban, amelyet a következő évben a *Geofizikai Közlemények* mellékleteként publikáltak. A térkép földtani értelmezésével Posgay Károly foglalkozott (Posgay 1967). Hatószámításokat végzett az ország minden jelentősebb mágneses anomáliáján, melynek hatója a felszín alatt keresendő. Vizsgálatainak eredményét 1:500 000 méretarányú térképen foglalta össze. A térképen feltüntette a hatók helyét, mélységét, hozzávetőleges kiterjedését, dőlését és szuszceptibilitását. Egyéb földtani-geofizikai ismeretek alapján a hatók korát és kőzettani összetételét is megpróbálta meghatározni. Az egész ország területére kiterjedő regionális értelmezés a szélsőértékekhez és az inflexiós pontokhoz húzott érintőkön alapuló hatószámítás bizonytalanságai ellenére jelentősen hozzájárult a nagyszerkezeti viszonyok megismeréséhez.

Az áttekintő gravitációs felmérés sokkal tovább tartott, mint a földmágneses, befejezését 1979-re tesszük. A gravitációs mérési pontok száma ekkor már meghaladta a 120 000-t, az 1951–1961 között végzett földmágneses felmérés 46 000 körüli állomásszámaival szemben.

Az országos áttekintő mérésekkel párhuzamosan és azt követően mindkét módszernél a részletező mérések<sup>2)</sup> kerültek előtérbe. A felmérések méretarányát és hálózatos vagy szelvény menti mivoltát mindig a kutatási célkitűzés szabta meg.

1959-re már oly nagy számú mérési anyag gyűlt össze, hogy megkezdődhetett az országos gravitációs és a földmágneses ( $\Delta Z$ ) térképsorozat szerkesztése. Mindkét sorozat 1:50 000 méretarányú Gauss–Krüger-vetületű térképlapo-

---

<sup>1)</sup> Áttekintő méréseknek nevezték azokat a ritkább pontsűrűségű (vagy nagyobb szelvénytávolságú) méréseket, amelyeknek az volt a célja, hogy egy nagyobb területről átfogó képet adjanak és segítségükkel a területen ki lehessen választani az ipari kutatások számára érdekes részterületeket.

<sup>2)</sup> Részletező méréseknek a sűrűbb pont- vagy szelvénytávolsággal mért ipari, általában nyersanyagkutató méréseket nevezték.



kon készült. A gravitációs térképek szerkesztésénél mind az Eötvös-inga-, mind a graviméteres mérések adatait figyelembe vették. Az Eötvös-ingamérések feldolgozásánál kiegyenlítették a gradiensekből számított  $\Delta g$  értékeket a gravitációs alaphálózati pontok Bouguer-anomáliaértékeihez mint kényszerértékekhez. A térképek szerkesztésénél a Bouguer- és topografikus korrekcióhoz  $\sigma = 2,0 \text{ g/cm}^3$  sűrűségértéket használtak.

Országhatárokon átnyúló, a szomszédos országokhoz csatlakozó térképsorozat kiadásának gondolata már 1957-ben felvetődött egy varsói KGST tanácskozáson. Ezt követően a KGST Földtani Állandó Bizottsága 1963-tól munkáuléseken tárgyalta a földmágneses és gravitációs térképek szerkesztésének és egységesítésének alapelveit és módszereit. A tagállamok megállapodása szerint mindkét térképsorozatot Gauss–Krüger-szelvényezésű, 1:200 000 méretarányú térképlapokon tervezték megjelentetni. E programhoz illeszkedve a már folyamatban lévő, 1:50 000 méretarányú gravitációs és földmágneses térképekre alapozva kezdődött meg az 1:200 000 méretarányú térképsorozat nyomdai kiadása 1964-ben (Komáromy, Hoffer 1967).

1970-re kéziratoss formában valamennyi 50 000-es térképlap elkészült, a 200 000-es térképlapok kiadása viszont a Dunától K-re eső terület és a győri, valamint a komáromi lap megjelenése után félbeszakadt. Ebben finansziális okok mellett az is közrejátszott, hogy a gravitációs térképek 1963-ban elrendelt szigorúan titkos minősítése nagyon megnehezítette azok használatát. A kezelésükkel járó szigorú adminisztráció is sokakat elriasztott a térképek beszerzésétől. A fentiekkel párhuzamosan az országos földmágneses felmérésre alapozva folyt a földmágneses  $\Delta Z$  térképek szerkesztése és kiadása, a mérési adatokat az 1950.0 epochára vonatkoztatva. A térképszerkesztési munkálatokat Komáromy István irányította.

A rendszerváltás környékén megalakult az ELGI Térképezési Főosztálya, melynek célkitűzése az volt, hogy az archív mérési adatokat digitális adatbázisba szervezze, s azokból alaptérképeket, alapszelvényeket készítsen a különböző célú földtani kutatásokhoz.

A gravitációs térkép újbóli nyomdai kiadása 2005-ben történt meg, amelyet 2006-ban a *Geophysical Transactions*-ban (Kiss 2006a) közre is adtak. A számítástechnika fejlődésének köszönhetően ez a térkép volt az első, amely egyszerre az összes 382 000 adat felhasználásával készült. A térkép elkészítése után megjelent az adatok digitális feldolgozásnak új terméke a gravitációshatóperem- vagy lineamenstérkép (belső használatra), ennek munkálatait Kiss J. (2006b) publikálta.

2006-ban az alapszintjében 20 nT-val módosított mágneses térkép újbóli nyomdai kiadása is megtörtént. Az 1:500 000-es méretarányú térképek az ELGI (MFGI) könyvtárában elérhetők.

### 3.1.2. Légi mágneses térképezés

1965–1969 között szovjet szakemberek a Mecseki Ércbánya Vállalat részére végeztek légi geofizikai méréseket. A légi mágneses méréseket az ELGI-ben dolgozták fel *Komáromy István* és *Hoffer Egon* irányításával. A mérések célja egyrészt az átnézetes földmágneses térkép 1,5 km-es állomástávolságánál részletesebb adatgyűjtés a hatószámítások pontosságának fokozására, másrészt a hegységek területén a topográfia okozta tértorzulások kiküszöbölése. Míg a gravitációs méréseknél a topográfia hatását könnyen számításba tudjuk venni, a földmágneses méréseknél olyan vulkáni hegységek területén, ahol a mágneses hatók a felszínen vannak, a topográfia torzító hatása nyomon követhetetlen. A Börzsönyben, például – az elvárásoknak megfelelően – a légi mágneses mérések lényegesen jobb eredményeket szolgáltatnak, mint a földi mérések, miáltal a kaldera meglehetősen biztonságosan körvonalaazhatóvá vált.

A mérésekhez AMF–21 típusú, szovjet gyártmányú ferroszondás magnetométert, majd 1968-tól *Szemerédy Pál* proton-precessziós magnetométerét is alkalmazták. Ugyan a megismételt ferroszondás szelvényekből mindössze  $\pm 13$  nT hiba adódott, a repülési szelvények bekötési hibája a vizuális navigációnak köszönhetően meglehetősen nagy,  $\pm 120$  m volt (Komáromy, Hoffer 1967). Ennek megfelelően nagy gradiensű helyeken a mérési bizonytalanság a megadott mérési pontosság értékének többszörösét is elérhette. A méréseket hegyvidéken általában 250 m, sík vidéken 500 m szelvényközzel végezték, a repülési magasság 50 m volt. A teljes felmért terület 43 500 km<sup>2</sup>. A Börzsönyben, a Mátrában, a Jászság és a Nyírség területén összesen 9030 km<sup>2</sup>-en hatószámítási céllal több szinten is repültek. A Börzsönyben és a Mátrában 50, 1000 és 2000 m-en, míg az Alföldön 50, 550 és 1050 m magasságban. A légi mágneses adatok jelenleg 200 m-es négyzethálózatra interpolálva találhatók a földmágneses adatbankban.

Mai szemmel nézve meglehetősen negatívan ítéljük meg a légi mágneses program hatószámításra vonatkozó részét. Navigációs berendezés hiányában a mérni kívánt mágneses hatások indikációit csak arra lehetett felhasználni, hogy segítségükkel helyükre csúsztassák a bizonytalan helyzetű repülési szelvényeket. Ezek után minden hatószámítási próbálkozás eleve kudarcra volt ítélve.

Nem gondoltak a harmonikus függvényeknek arra a tulajdonságára, hogy már az alacsonyabb szinten mért földmágneses térerősség értékek is meghatározzák a magasabb szelvények térerősségértékeit. Ezért a három, egymás fölötti szinten végzett mérések – a felfelé folytatás számítási módszerének ellenőrzésén kívül – nem szolgáltatottak többletinformációt.

Az 1980-as évek második felében légi geofizikai és távérzékelési csoport alakult a felszínközeli bauxitlencsék kimutatására végzett légi geofizikai mérések feldolgozásra és értelmezésére. A csoport az orosz légi mérések adatainak újra-feldolgozását is céljául tűzte ki. 1995-ben a Rio Tinto Zinc-Corporationnel (RTZ) együttműködve készült el az új légi mágneses térkép, ami az ország 40%-át fedi le (lásd a 4.7. pontban).

### **3.1.3. Szelvény menti mérések az alföldi komplex kutatás keretében**

A légi mágneses mérésekkel párhuzamosan – OKGT szerződés keretében – nagyszabású földmágneses felmérést folytattunk az Alföldön, az országos áttekintő  $\Delta Z$  mérésekkel kimutatott anomáliák részletes megkutatása céljából. A méréseket az anomáliák tengelyvonalára merőleges szelvények mentén 150 m-es állomásközzel végezték mind a  $\Delta Z$ , mind a  $\Delta H$  meghatározása céljából. A hatószámításoktól azt remélték, hogy a mágneses testek mélységének, kiterjedésének, dőlésének és mágnesezettségének meghatározásával közvetve adatokat kapnak a pre-ausztriai medencealjzat mélységére és szerkezeti vonalak kimutatására.

Az anomáliagörbéket Haáz, Gay, Pjatnickij, Provodnikov és Bruckshaw módszerével értékelték ki, és összehasonlították a Posgay-féle országos feldolgozás eredményeivel. Az alkalmazott hatószámítási módszerek közül Haáz, Pjatnickij és Bruckshaw módszere az anomáliagörbe kitüntetett pontjait (szélsőértékhelyek, inflexiós pontok, az anomália maximumát felező, ill. negyedelő távolságok stb.) veszi figyelembe, így a számítási módszert értelemszerűen befolyásolja a kitüntetett pontok kijelölési pontossága, ami viszont nagymértékben függ a szelvény menti állomástávolságtól. A Gay- és a Provodnikov-féle módszer viszont az anomáliagörbe egész menetét figyelembe veszi, így ezeknél az eljárásoknál a mérési ponttávolság kisebb szerepet játszik. A különböző hatószámítási módszerek bizonyos anomáliákon 5–10%-kal eltérő mélységadatot szolgáltatottak, más anomáliákon viszont 25–35%-os eltérést is tapasztaltak. Ennek köszönhető, hogy a mérések befejezésekor az alábbi, meglehetősen negatív következtetésre ju-

tottak: „A sok éven át végzett mérések és elméleti megfontolások azonban arra vezettek, hogy a hatószámításoknak Magyarország területén – és valószínűleg az egész Kárpát-medencében – korlátozott lehetősége van. Ennek oka, hogy földmágneses hatóink több szintben elhelyezkedő, rétegtanilag is különböző generációjú mágneses testek, de még saját rétegtani környezetükre sem szignifikánsak, hiszen pl. a miocén vulkanizmusnak csak igen kis része mágneses.” (Hoffer 1969).

### 3.1.4. Európai gravitációs térkép szerkesztése

1991-ben a leeds-i egyetem professzora, *D. Fairhead* kezdeményezésére, és hat nyugati olajtársaság támogatásával létrejött egy hároméves projekt, a West–East Europe Gravity Project (WEEGP). A projekt célja az egész kontinenst lefedő egységes, 1:2000000 és 1:5000000 méretarányú Bouguer-anomáliatérképsorozat elkészítése. A szervezési és kivitelezési munkát a leeds-i egyetem keretein belül működő Geophysical Exploration Technology (GETECH) nevű divízió vállalta *Fairhead* vezetésével. Tekintettel arra, hogy egyrészt a munka indulásakor a legtöbb közép- és kelet-európai országban még nem oldották fel a gravitációs adatok titkosságát, másrészt hogy a nagyobb üledékes medencék, valamint a jelentős nagyszerkezeti irányok hatása azért tükröződjön a térképen, a térkép szerkesztői és a részt vevő országok delegáltjai egy 8×8 km négyzethálózaton alapuló térkép megszerkesztését tűzték ki célul. A térkép paraméterei: abszolút gravitációs rendszer, gravitációs vonatkozási szint: WGS-84, sűrűség: 2,67 g/cm<sup>3</sup>. Az ELGI 1992-ben csatlakozott a projekthez a megadott paraméterekkel meghatározott, 4×4 km-es négyzethálózatra interpolált Bouguer-anomália- és topográfiai magasságadatokkal. Ennek fejében 1995-ben megkaptuk a 10 évre bizalmasnak minősített, egységesített térképet a Kárpátokat magában foglaló  $\varphi = 42^{\circ}$ – $52^{\circ}$  szélességi és  $\lambda = 10^{\circ}$ – $30^{\circ}$  hosszúsági koordinátákkal meghatározott területre 1:1000000 méretarányban, valamint a teljes térkép 1:9000000 méretarányú változatát.

A Kárpát-Pannon régió 8×8 km-es Bouguer-anomáliaadatrendszerét az izosztázia vizsgálatára, majd a geodinamikai értelmezésre használta fel *Kiss János* (2009, 2010, 2012), majd spektrális vizsgálatokkal a gravitációs hatók mélységének elemzése is megtörtént a területre (*Kiss* 2012). Később a mágneses térkép alapján is készült spektrálanalízis és a hatóperem-kijelölés, de csak az országos adatrendszerre (*Kiss* 2013).

## Irodalom

- Posgay K. (1962): A magyarországi mágneses hatók áttekintő térképe és értelmezése. Geofizikai Közlemények XI/1–4, 78–99
- Kiss J., Gulyás Á. (2005): Magyarország gravitációs Bouguer-anomália térképe. M = 1:500 000-es nyomtatott térképe, ELGI kiadvány
- Kiss J. (2006a): Magyarország gravitációs Bouguer-anomália térképe. Geophysical Transactions, 45/2, 99–104
- Kiss J. (2006b): Magyarország gravitációs lineamenstérképe – első eredmények. Magyar Geofizika 47/2, 1001–1010
- Kiss J., Gulyás Á. (2006): Magyarország mágneses dZ anomália térképe. M = 1:500 000-es nyomtatott térkép, ELGI kiadvány
- Kiss J. (2009): Regionális gravitációs anomáliák, izosztikus hatások Magyarországon. Magyar Geofizika 50/4, 153–171
- Kiss J. (2010): Mély medencék izosztikus hatása. Magyar Geofizika 51/3, 1–13
- Kiss J. (2012): A Kárpát-Pannon Régió Bouguer-anomália térképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése. Magyar Geofizika 53/4, 236–257
- Kiss J. (2013): Magyarországi geomágneses adatok és feldolgozások: spektrálanalízis és térképi feldolgozások. Magyar Geofizika 54/2, 89–114
- Komáromy I., Hoffer E. (1967): Légimágneses mérések. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1967. Évi Jelentése, pp. 112–114
- Hoffer E. (1969): Földmágneses és gravitációs értelmezési problémák a Nyírségben. Geofizikai Közlemények XVIII/4, 85–92

## 3.2. Országos tellurikus térképek

*Nemesi László*

Az 1950-es évek elején a hazai geofizikai kutatás számára a legerősebb igényt – és egyben a fejlesztést biztosító anyagi háttérrel – a szénhidrogén-kutatás jelentette. *Kántás Károly* a soproni Geofizikai Tanszék alapító professzora – a már világszerte jelentős sikereket elért gravitációs kutatások után – jó érzékkel választotta ki ehhez a tellurikus módszert, amelyet korábban már a francia Schlumberger cég is alkalmazott. A kutatásokat a Franciaországban élő magyar *Kunetz Géza* vezette, aki később a párizsi egyetem geofizika professzora lett. Vele jó kapcsolatai voltak *Kántás Károlynak*, az ELGI-s *Sebestyén Károlynak*, és később *Erkel Andrásnak* is. Ez a kapcsolat alapvető jelentőségű volt a módszer hazai alkalmazásában.

A tellurikus módszer hazai bevezetése és az első kísérleti mérések *Takács Ernő* nevéhez kötődnek, aki Sopronban *Kántás Károly* tanársegédjeként megtervezi, munkatársaival elkészíti az első hazai műszert, amelynek lelke, a *Kunetz*től kapott néhány Picard-galvanométer volt. Az első sikeres terepi kísérleti méréseket 1953-ban ő végezte a Szany–Mihályi szeizmikus kutatási területen (*Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I.*, 109. o.).

A Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Földtani és Geofizikai adattárában 1954-ből találjuk *Sebestyén Károly* és *Lakatos Sándor* első jelentését a tellurikus műszer építéséről. Az ELGI-ben az első sikeres terepi méréseket *Erkel András* vezetésével 1956–1957-ben végezték. A sikeres kísérletek következtében 1960-tól folyamatosan mind a Miskolci Egyetem (Sopronból áttelepített) Geofizikai Tanszéke, mind pedig az ELGI megbízást kapott az olajipartól kvázihálózatos tellurikus mérésekre. A Tanszék 4 év alatt Eger–Mezőkeresztes–Mezőcsát–Polgár–Tiszavasvári–Nagyhalász–Kisvárdra térségében több ezer km<sup>2</sup>-nyi területet mért fel. Az ELGI a Hortobágyon, a Duna-Tisza köze D-i részén, majd a Dél-Dunántúlon végezte méréseit. Mind a tanszéki, mind az itt említett ELGI mérések már részét képezik a később kinyomtatott, 1:500 000-es méretarányú országos tellurikus térképeknek. Ezek a kezdeti mérések olyannyira kielégítették az olajipar igényeit, hogy 1963-ban *Nagy Zoltán* irányítása alatt létrehozták saját és elsősorban tellurikus mérésekre specializált geoelektromos részlegüket is, akik első kvázihálózatos méréseiket 1965–1967 között Jászberény–Heves–Tiszabura térségében, majd 1967–1968-ban Szeged–Hódmezővásárhely–Makó vidékén hajtották végre.

A fentiek ellenére a tellurikus kutatások megítélése mégsem volt egyértelmű, ami végül kihatott az országos méretű tellurikus térképek létrehozására, a mérési pontsűrűségre, ezáltal a megbízhatóságra is, és egyáltalán a komplex kutatások *Kántás* által is megfogalmazott logikai sorrendjére.

Elsősorban az állami kutatásokat finanszírozó KFH főgeofizikusának *Ádám Oszkár*nak köszönhetően az áttekintő tellurikus mérések egy-két éves kihagyásokkal folytatódtak. Erről tanúskodnak az ELGI nyomtatott évi jelentései is, amelyekben 1965 és 1990 között majdnem minden évben található egy-egy 500–1500 km<sup>2</sup>-nyi terület tellurikusizoarea-térképe. Más intézmények térképei nem jelentek meg nyomtatásban.

Az első, mintegy 30 000 km<sup>2</sup>-nyi területről 1981-ben jelent meg a *Geofizikai Közlemények* 27. számában a *Tiszavidék és a Tiszántúl 1:500 000-es méretarányú tellurikusizoarea-térképe*, amely OKGT GKV és a Miskolci Egyetem

méréseit is tartalmazza az ELGI mérésein kívül. A tellurikus térkép mellett ugyanebben a méretarányban látható az üledékes összlet relatív izoohmtérképe és a nagy fajlagos ellenállású képződmények mélységtérképe is. Később, elsősorban állami regionális kutatási programok keretében (Földtani alapszelvények, Kisalföld-Zala, Somogy-Baranya, Ózdi-medence, Zagyvárók), de olajipari megbízások kapcsán is (Dél-Dunántúl É-i része, Polgár térsége, Mátraalja, Sárbogárd-Dunaföldvár térsége, Kiskunhalas-Bugac vidéke) és a Paksi Atomerőmű megbízásából is történtek mérések. Ezeket főleg az ELGI, de egyes területrészeket az OKGT GKV és az MTA GGKI mérte. Ezekkel az újabb mérésekkel a Dunántúl medenceterületeinek csaknem teljes egészét sikerült lefedni.

A *Dunántúl Tellurikus Vezetőképesség Térképének* megszerkesztését az 1997–1999-es évekre elnyert OTKA pályázat tette lehetővé, amelynek keretében adatbázisban rögzíthettük valamennyi intézmény mérési eredményét, és magnetotellurikus szondázást végezhattünk 33 tellurikus bázisállomáson, amelyek segítségével az egymáshoz korábban nem illeszthető tellurikus térképeket egységes, abszolút vezetőképesség-térképpé tudtuk transzformálni. Ez az 1:500 000-es tellurikus térkép 2000-ben jelent meg a *Geophysical Transactions* 3–4. száma mellékleteként (Nemesi et al. 2000).

2002-ben a *Kovácsvölgyi Sándor* és munkatársai ugyancsak OTKA téma keretében klaszteranalízissel vizsgálták a gravitációs, földmágneses, tellurikus kutatási eredményeket és a pretercier medencealjzat mélységtérképét (Kovácsvölgyi, Ocsenás 2000).

Ennek keretében sikerült a *kelet-magyarországi 1:500 000-es tellurikus-vezetőképesség-térképet* is kinyomtatni. A térképszerkesztés alapját most is az ELGI-ben *Madarasi András* vezetésével elkészült adatbázis képezte, amelybe valamennyi méréseket végző intézmény (Miskolci Egyetem, OKGT GKV, ELGI) adata bekerült. Ez magában foglalja az 1981-ben megjelent első nagyobb térképet (Tiszavidék és Tiszántúl) is, a relatív értékeket abszolút vezetőképességre számították át (Madarasi et al. 2006).

A 2000-es évek elején megjelent dunántúli és kelet-magyarországi térkép színkulcsa azonos, és mindkét térkép mellett 1:1 000 000-s méretarányban láthatók a gravitációs Bouguer-anomália- és a földmágneses  $\Delta Z$ -anomáliatérképek is, amelyek végeredményben fényesen igazolják *Kántás Károlyt*. Nevezetesen, hogy igen célszerű lett volna a szeizmikus kutató-

sok előtt a tellurikus méréseket következetesen elvégezni, és a szeizmikus mérések tervezéséhez figyelembe venni.

A kialakult gyakorlat szerint a szeizmikus méréseket általában csak a szűrt gravitációs térképek alapján tervezték, pedig a Makói-árok és a Békési-medence gravitációs és tellurikus térképei az Alföld jelentős területein eltérő képet mutatnak. Erre nagyon jellemző példa az antikorrelációs jelenség a Makói-árok, a Békési-medence, Battonya, Orosháza, Pusztaföldvár területén.

Az utóbb tárgyalt két összefoglaló 500 000-es tellurikus abszolút vezetőképesség-térkép pedig a Duna-Tisza köze – mintegy 10 000 km<sup>2</sup>-nyi területétől eltekintve – az országnak minden olyan részéről ad információt, mely területekről a tellurikus módszertől ez elvárható. Térképeink jobbak, megbízhatóbbak lehetnének, ha a 60-as évek elején elindított kutatási programokat következetesen végigvizsgáljuk. Ha a tellurikus bázishálót előre lehet tervezni és nem utólag összefoltozni a térképeket, ha a korszerűbb műszerekkel, módszerekkel a régi méréseket folyamatosan ellenőrizve megbízhatóbbá lehetett volna tenni. (A szénhidrogének szempontjából perspektívikus területeket három-négy alkalommal is újramérték korszerűbb technikákkal, szeizmikus módszerekkel, és sűrítették a gravitációs mérészhálót is.) Azonban mindezek ellenére meggyőződésünk, hogy a magyarországi tellurikus kutatások az egyenáramú szondázások és magnetotellurikus mérések ellenőrző, értelmező szerepe miatt, nemcsak a magyar geofizikának értékeit jelentik, hanem egyben a világ geoelektromos kutatásainak is egy kuriózuma.

## Irodalom

- Nemesi L., Hobot J. (1981): A Tiszavidék és a Tiszántúl mélyszerkezetének geoelektromos kutatása. Geofizikai Közlemények 27, 1–99
- Nemesi L. et al. (2000): Telluric map of west Hungary (Telluric conductance map of Transdanubia 1:500000). Geoph. Trans. Vol. 43/3–4, 1–298
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I. Budapest, 2003
- Kovácsvölgyi S., Ocsenás P. (2000): Statistical analysis of the geophysical parameters. Geophysical Transactions 43/3–4, 267–283
- Madarasi A. et al. (2006): Telluric map of East Hungary. Geophysical Transactions 45/2, 65–98



### 3.3. Országos radiometriai alaphálózat

Nagy Attila

#### 3.3.1. A radiometriai alaphálózat

A radiometriai alaphálózat projekt az 1996. évben indult. A projekt célja Magyarország területén az U, Th, K-40 természetes radioaktív izotópok, valamint a mesterséges eredetű Cs-137 radioizotóp sugárzásintenzitásának szelektív meghatározása volt, illetve a kapott eredményekből térkép szerkesztése. Az aktuális állapot felmérése és rögzítése fontos volt egy későbbi esetleges atomerőművi baleset hatásának felismerése és felmérése céljából. A projekt tervezésénél figyelembe vettük, hogy két éven belül üzemelni kezd Szlovákiában a mohovcei atomerőmű, és ez az utolsó alkalom a működést megelőző állapotot jellemző radioaktív háttérsugárzás szintjének rögzítésére.

A felméréshez megfelelő alapponthálózatot jelöltünk ki, amely a terepi *in situ* mérések alapját képezi. A terepi felvételek mellett célszerűnek tűnt talaj- és/vagy kőzetmintákon elvégzett laboratóriumi mérések útján kiegészíteni az *in situ* mérések hálózatát. Ezen a ponton a projekt kapcsolódott a MÁFI Geokémiai Főosztálya és az ELGI Radiometriai Laboratóriuma által közösen vezetett „Kőzetminták geokémiai vizsgálata” című projekthez. Később, 1999-től kezdve saját talajmintavételt végeztünk laboratóriumi U-, Th-, K-meghatározás céljából.

Az 1996. évben elkezdtük a felmérést az első 25 terepi ponttal. Ezeket a mohovcei erőmű helyzetét figyelembe véve Komárom, Pest és Nógrád megyében, a szlovák határ közelében és Budapesttől nem messze (kb. 100 km-en belül) jelöltük ki. A mérési pontok kijelölésénél két alapvető feltételt tartottunk szem előtt. Az egyik, hogy azok megfelelő lefedettséget biztosítsanak az egész ország területén, a másik, hogy a pont helye megfelelő geodéziai pontossággal ismert legyen. Mind ezeket, mind a gazdaságossági szempontokat is figyelembe véve (pl. hogy ne legyen szükség külön geodéziára), a mérési pontokat a Magyarországi Gravimetriai Alaphálózat (MGH-2000) kijelölt pontjaira telepítettük. Ezek a pontok a fentiek mellett jól megközelíthetőek, a berendezés felállítását könnyen lehetővé teszik, és általában nem bolygatott felszínen helyezkednek el. A hálózatot bővítettük 1997-ben déli és keleti irányban 19 ponttal. 1998-ban 25 ponton végeztünk felvételt. A projekt első három éve alatt 70 terepi pontban rögzítettük a háttérsugárzás spektrumát. Az 1999. évben beépülő plusz feladat keretében

további 50 pontot, 2000-ben 40 pontot mértünk le. Az előző (2003-ban véget érő) középtávú kutatási projekt során 2001-ben 53, 2002-ben további 50 pont mérésére került sor. 2002. december 31-re a ponthálózat – ha hézagosan is – lefedte Magyarország teljes területét. További feladat maradt a hálózat sűrítése az észak-kelet- és észak-nyugat-magyarországi régiókban.

A félvezető detektor meghibásodása miatt 2003-ban mérést nem végeztünk, új detektor beszerzése vált szükségessé. 2004-ben 54 új ponton vettük fel a spektrumot. 2005-ben a laboratórium mérési kapacitásának más irányú lekötöttsége miatt mérés nem történt. 2006-ban jelentős év volt az alaphálózat történetében. Az elvégzett 46 mérés után nem volt olyan alaphálózati pont, ahol legalább egy felvétel ne történt volna, azaz 10 év alatt méréssel lefedtük az összes alaphálózati pontot. Így a teljes hálózat 362 mérési pontból áll.

Az ezt követő években visszaméréseket végeztünk a már lemért pontokon. Ezek a visszamérések folyamatosan, minden évben tervszerűen zajlanak. Van olyan alaphálózati pont, ahol különböző években már 3 spektrum felvétele történt. A visszaméréseket már 2000-ben elkezdtük 3 ponttal.

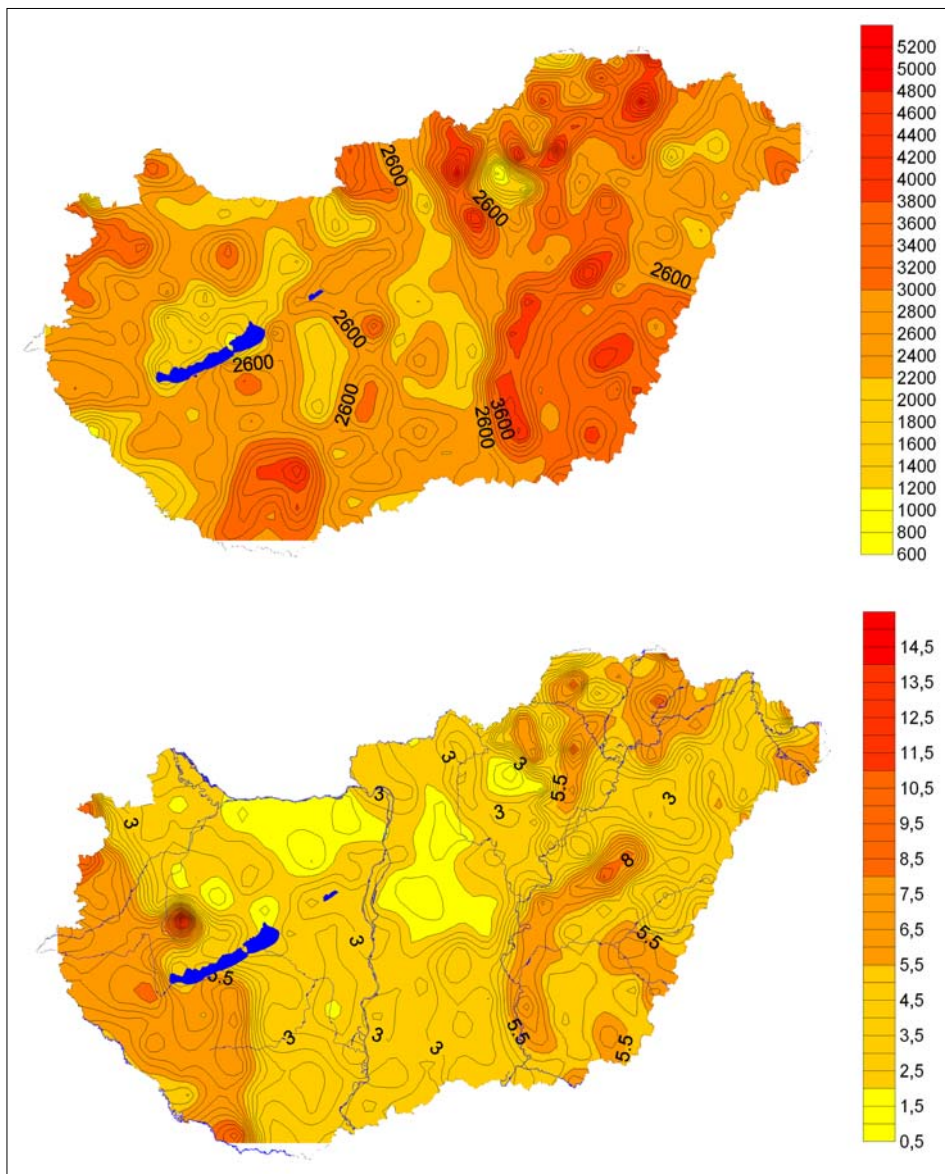
### **3.3.2. Talajminták**

Az alaphálózati pontokon 1999-ben megkezdtük a talajmintavételt. A cél az volt, hogy a minták radiometriai analízisét elvégezve pontos értékeket kapjunk a legfontosabb radioaktív elemek koncentrációiról. A 2011. évre mind a 362 ponton rendelkezésünkre álltak az urán-, tórium- és káliumtartalom értékei. Ez lehetővé teszi a talajban jelenlévő koncentrációk és a talaj felett különböző időpontokban mért spektrumok összehasonlítását.

### **3.3.3. Terepi felvételek módszere, spektrumok feldolgozása**

A spektrumot CANBERRA gyártmányú, hordozható, nagy spektrális érzékenységgű, folyékonynitrogén-hűtésű, HpGe félvezető detektorral vettük fel.

A talajtól 1 m magasságban rögzítettük a spektrumot 0–1500 keV energiatartományban. A háttér felvétele előtt minden ponton felvettük a Cs-137 és Co-60 mesterséges pontforrások együttes spektrumát 200 s időtartamban. Ez a felvétel szolgál a spektrumok feldolgozása során a detektor és a mérőrendszer ellenőrzésére, valamint a geometriai különbségekből adódó eltérések kiegyenlítésére. A háttérspektrum mérési ideje 2000 s volt.



3-1. ábra. A K-40 izotóp nyers mérési adatai, illetve a normált adatokból szerkesztett térkép

Mintavételkor a fedő növényzet eltávolítása után minden pontban kb. 1 kg tömegű talajmintát vettünk a későbbi laboratóriumi mérésekhez.

A felvett spektrumok kiértékelése a Radiometriai Laboratóriumban történt a SAMPO (CANBERRA) program felhasználásával. A kiértékelés első lépése a spektrumok kalibrálása energia szerint. Erre a spektrumban jól azonosítható jellegzetes energiavonalakat használtunk:

Pb-214 (U)	351,925 keV
Bi-214 (U)	609,32 keV
Ac-228 (Th)	911,07 keV
Bi-214 (U)	1120,28 keV
K-40	1460,83 keV

A fenti vonalak alapján regresszióval kiszámítottuk a csatornaszám–energia összefüggést minden spektrumra. Ezek után az egyes nuklidokhoz vagy leányelemeikhez tartozó csúcsok alapján

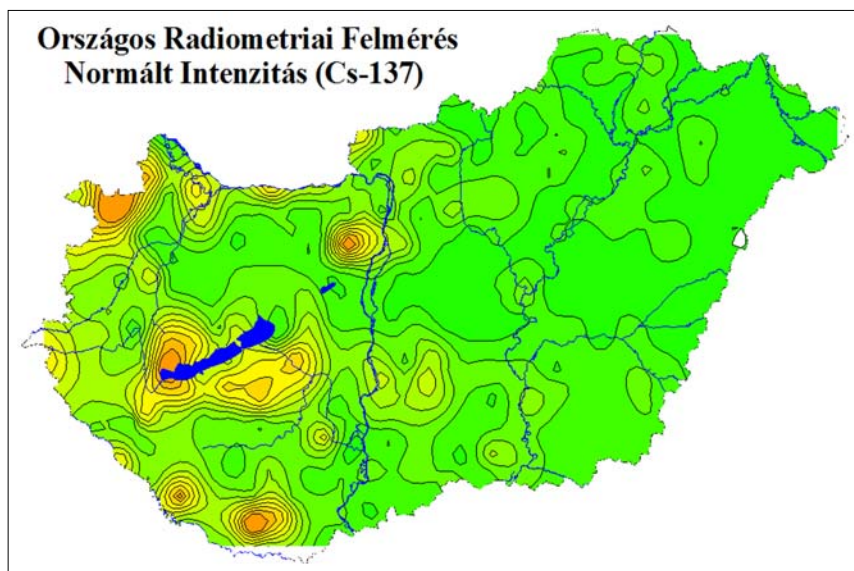
Bi-214 (U)	609,32 keV
Cs-137	661,66 keV
Tl-208 (Th)	583,19 keV
K-40	1460,83 keV

kiszámítottuk az egyes radioaktív nuklidok intenzitásértékeit. Az intenzitásokat a Co-60 etalon sugárforrás 1170 keV-es vonalára számított intenzitással normalizáltuk. Az így kapott értékeket rendeltük az Országos Radiometriai Alaptérkép megfelelő pontjához. A kapott értékeket külön-külön szintvonalas térképen is ábrázoltuk.

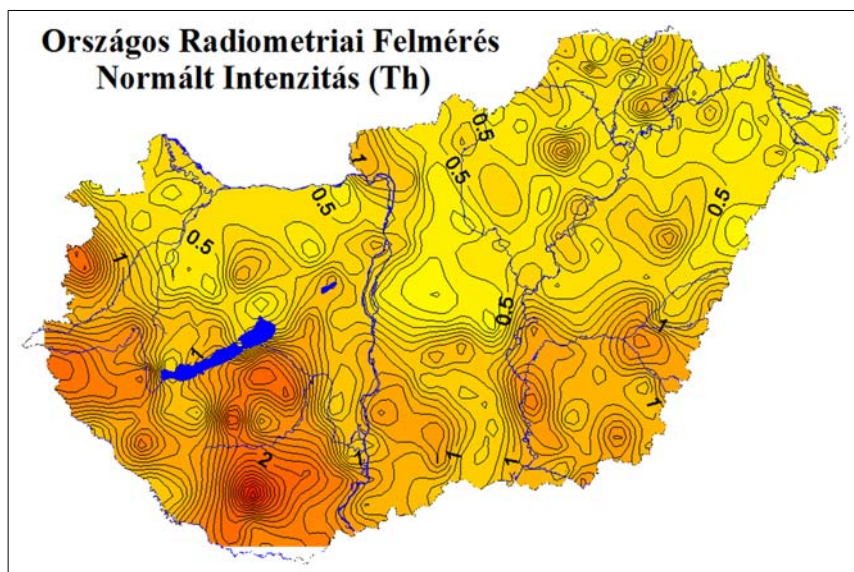
#### 3.3.4. Eredmények

Az elsődleges eredmények az U–Ra-, Th-bomlási sorokra és a K-40 izotópokra, valamint a Cs-137 mesterséges eredetű radioaktív izotópra minden alappontban szelektíven megadott intenzitásértékek.

A kapott eredmények felhasználhatók más kutatások kiindulási vagy kiegészítő adataiként. A Cs-137 radioaktív izotóp a természetben nem fordul elő. Megjelenése a spektrumban egyértelműen emberi tevékenységre utal, oka főleg



3-2. ábra. A Cs-137 izotóp normált intenzitástérképe



3-3. ábra. A Th normált intenzitástérképe

a csernobili balesetből származó kiszóródás. Eloszlását a terepen elsősorban a morfológia (felszíni vízgyűjtő) határozza meg. Mélyen fekvő területen összehordódik, magasabb helyekről lehordódik. Ezért a kihullott Cs-137 radioizotóp áthalmazódásából következtetni lehet a talajerózió mértékére is.

### **3.4. Litoszféra- és asztenoszféra-kutatás (1964–2012)**

*Posgay Károly, Hegedűs Endre, Fancsik Tamás, Varga Géza*

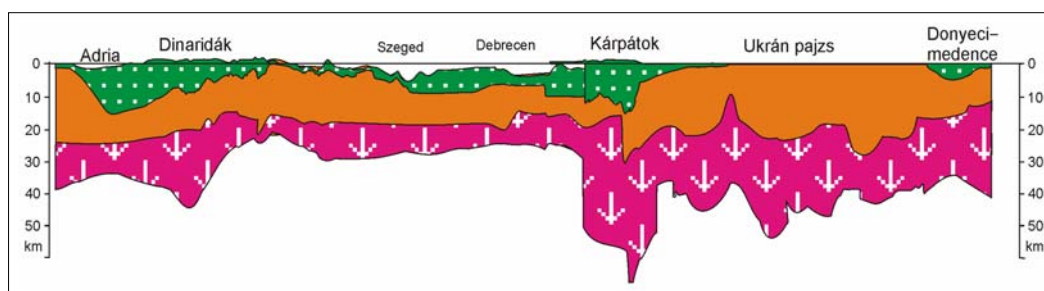
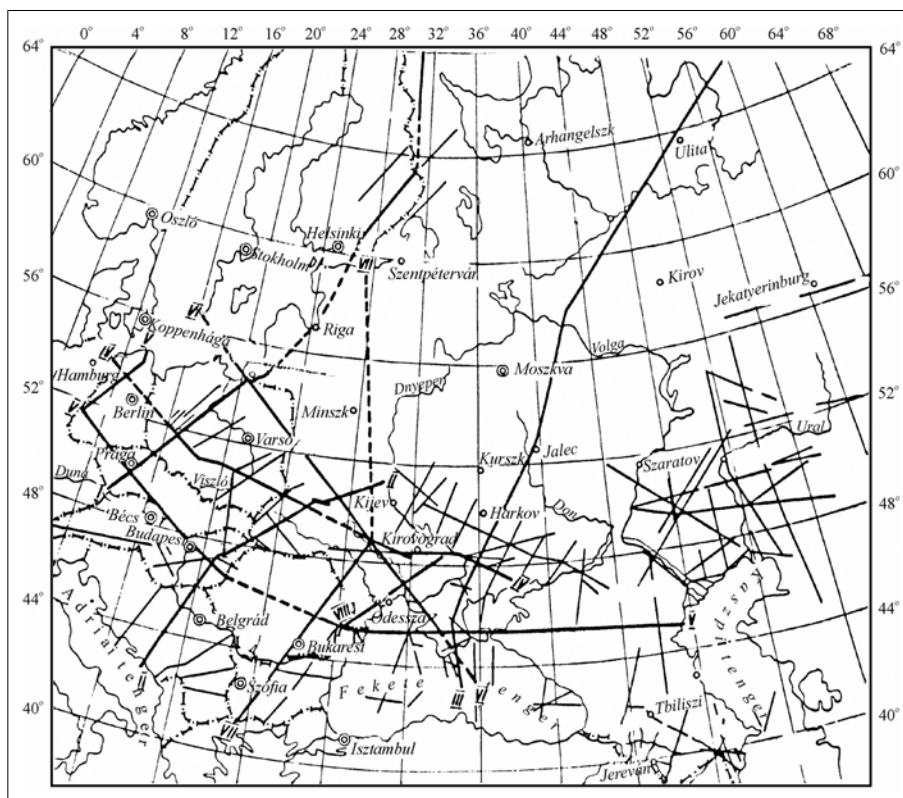
A fejezet e szakaszának keretében a szeizmikus és magnetotellurikus kutatásoknak csak a litoszféra idősebb, szilárdabb részére és a litoszféra–asztenoszféra határ környékére kiterjedő hazai vizsgálatait és eredményeit ismertetjük.

#### **3.4.1. A kéreg refrakciós, széles szögű reflexiós kutatása**

A kelet-európai országok nemzetközi kéregkutató szeizmikus méréseinek az ELGI az egyik fő kezdeményezője és az első szelvény menti mérések szervezője volt. Az első időben a Kárpát-medence kutatása került előtérbe. Az első nemzetközi kelet-európai szelvény: magyar–csehszlovák–német (Mituch, Posgay 1965) és 1965-ben a második: magyar–szovjet (ELGI, kievi ukrán akadémiai geofizikai intézeti) együttműködésben és később jugoszláv csatlakozással) készült. Ezután került sor a magyar–csehszlovák–lengyel, majd a magyar–román szelvények le mérésére (Posgay et al. 1998).

A nemzetközi szelvényekre jellemző példán, a Dubrovnik–Voronyezs szelvényen világosan látszik a Dinaridák, a Kárpátok és az Ukrán pajzs vastag kérge, továbbá a Pannon-medence és a Dnyeper–Donyeci-árok jellegzetes kéregkivékonyodása.

A nemzetközi mérés szünetében, 1965 és 1967 között készült el a Dunántúlt és a Bakonyt harántoló szelvény (Mituch, Posgay 1972), melyen a kéregköpeny választófelületről 8,1 km/s határsebességgel megfigyelt beérkezések a hegység alatt elgyengültek, helyenként nem is voltak követhetők, és alattuk 8,3–8,8 km/s határsebességű felületekre lehetett következtetni. Feltételezhető, hogy a földköpenybe hatoló magma azt felmelegíti és összetételében is átalakítja, bázikusabbá teszi. A 8,1 km/s határsebességű padokból a kialakuló





új kéreg–köpeny határra lehet következtetni. Az átmeneti zónát feltételező értelmezést a xenolitvizsgálatok megerősítik (Embey-Isztin 1992).

Az ELGI jelentős részt vállalt 1975-ben az alpi szelvény elkészítésében, amely a kelet-európai és a nyugat-európai kéregkutató hálózatokat kötötte össze (Miller et al. 1976). A szelvény francia, svájci és osztrák részén – a kéregkutatás céljára fejlesztett – Mars-66 típusú berendezéseket használtak. A hegyvidéki területeken a jel/zaj viszony lényegesen kedvezőbb volt, mint a Pannon-medence-rendszerben. Ez az eredmény is megerősítette azt a korábbi tapasztalatot, hogy a vastag, fiatal üledékekkel fedett területen a litoszféra kutatására speciális észlelési elrendezést célszerű használni.

A Pannon-medencében végzett mérések kiértékelése – a gondos tervezés és kivitelezés ellenére – nagy körültekintést és türelmet kívánt. A szebb, megbízhatóbb szelvényrészekre támaszkodva kellett a rosszabb jel/zaj viszonyú szeizmogramokat értelmezni. Ezt a hatalmas és nehéz munkát *Mituch Erzsébet* végezte. Szorgalmának, figyelmének köszönhetően olyan megbízható eredmények születtek, melyekkel méltán nyerte el külföldi együttműködő partnereink megbecsülését is.

A kéregkutató refrakciós – széles szögű reflexiós mérések a Kárpát-medence és az azt környező hegységek, táblák és pajzsok nagyszerkezeti felépítéséről alapvető ismereteket adtak, és lehetővé tették a kéreg vastagságának térképi vázolását (Mituch 1968, Posgay et al. 1991), továbbá hozzájárultak a Pannon-medence kialakulási modelljének meghatározásához (Horváth 1993).

A módszer eredményeinek felhasználhatóságát a lemeztektonika elméletének továbbfejlesztésére és alkalmazására az korlátozta, hogy behatolóképesége – néhány kivételtől eltekintve – nem érte el a kéreg–köpeny határ alatti tartományt, és felbontóképességének korlátai miatt a kéreg szerkezeti elemeinek megismerését is csak nagyvonalú ábrázolással segítette.

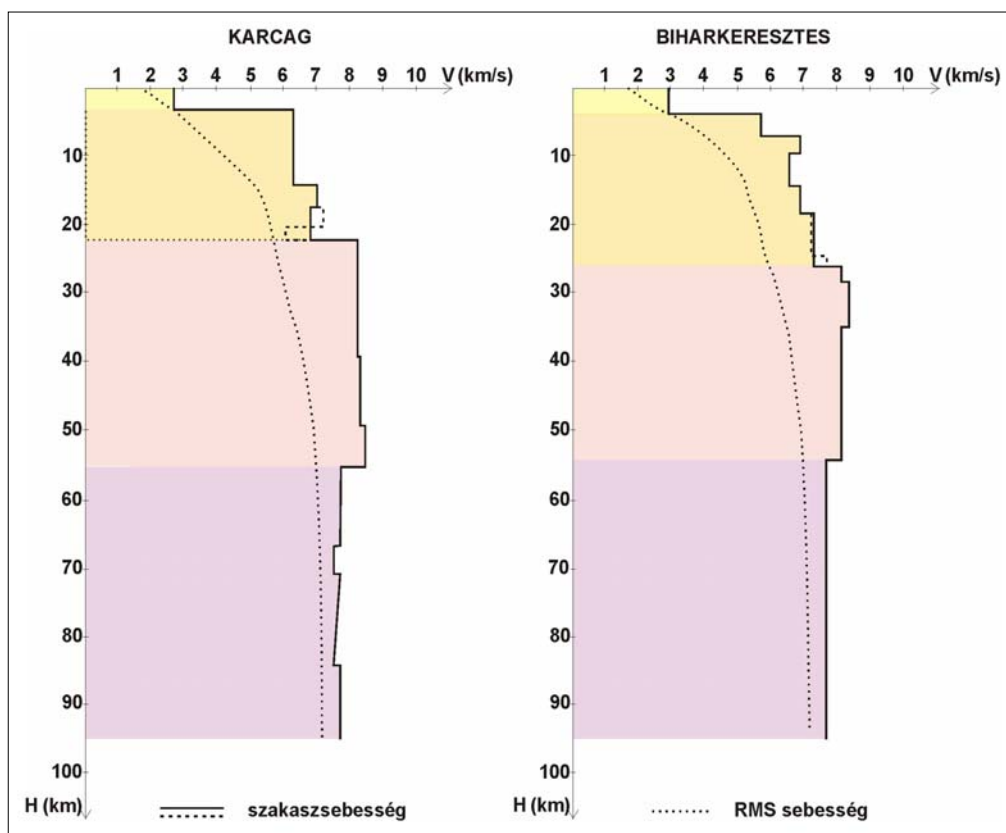
### **3.4.2. Mélyreflexiós és magnetotellurikus litoszféra- és asztenoszféra-kutatás**

A globális tektonika elméletének megfogalmazása idején, a 60-as évek közepén körvonalozódott a cél: olyan korszerű (számítástechnikát felhasználó, többszörös fedéses), mélyreflexiós metodika kialakítása, mellyel a szeizmikus reflexiós módszer behatoló képessége úgy növelhető meg, hogy alkalmazásával – lehe-



tőség szerint a Gutenberg által leírt kis sebességű öv mélységéig – a szerkezeti elemek meghatározhatók és értelmezhetők legyenek.

A kutatási feladat megfogalmazása idején hazánkban nem volt számjegyes regisztrálású berendezés. A beruházási keret szűkössége és a külföldi kiviteli engedély megszerzésének várható nehézségei miatt célszerűnek látszott a műszer hazai megépítése. Szádeczky-Kardoss Elemér akadémikus, a Föld és Bányászati Tudományok Osztályának akkori elnöke erkölcsi és – az MTA Geodéziai és Geofizikai Intézete közreműködése által adott – anyagi támogatásával készült el az ELGI-ben egy olyan, kis frekvenciákat is regisztráló szeizmikus berendezés,



3-6. ábra. Az első reflexiós sebességmeghatározások eredménye: Karcag és a Derecskei-árok környékén a litoszféra vastagsága 50–60 km

amellyel a kéreg és felső köpeny reflexiós kutatása megkezdhető volt. Párhuzamosan a számítógépi feldolgozáshoz szükséges hardver- és szoftverlehetőségek is kialakíthatók voltak.

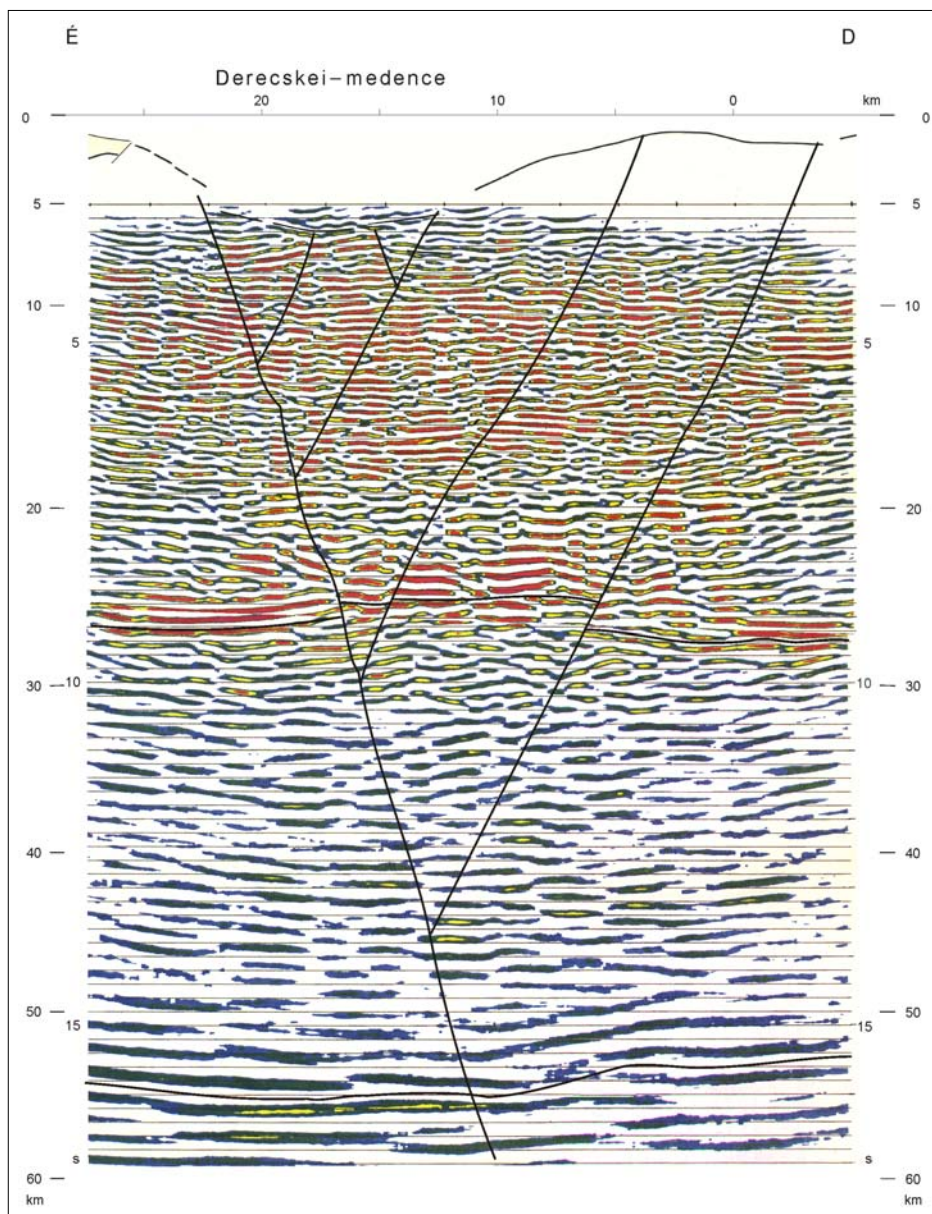
A Hajdúszoboszló–Kaposvár közötti szelvényen 1963-ban a Hajdúszoboszló környéki, kiváló minőségű, kéreg–köpeny határról jövő reflexiót (Az *Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I.*, 202. o., 2003) Kaba–Karcag környékén nem lehetett észlelni. Ezért az új, számjegyes rögzítésű műszerrel a kísérleti mérések a 70-es évek elején itt kezdődtek. A cél a kéregben és a felső köpenyben levő reflektáló felületek és a sebességviszonyok közel vertikális reflexiós mérésekkel történő meghatározhatóságának vizsgálata volt. Az elképzelés szerint olyan terepi és számítógépes feldolgozási metodikát kellett kialakítani, mellyel a nagy mélységi behatolást segítő, kis (2–4 Hz) frekvenciákig terjedő, széles spektrum használható fel úgy, hogy a kisfrekvenciás felszíni hullámok zavaró hatása a lehető legkisebb legyen. A kutatás eredményes volt: azt mutatta, hogy reflexiós módszerrel a felső köpeny is kutatható. A közel 100 km mélységig vizsgált sebességeloszlás alapján a litoszféra–asztenoszféra átmeneti zóna 50–60 km-es mélységére lehetett következtetni (Posgay 1975).

Tudomásunk szerint ez volt a világon az első, felső köpenybe nyúló sebességmeghatározás. A litoszféra–asztenoszféra zóna reflexióssebesség-analíziséből kapott mélységadata a hazai asztenoszféra-kutatás szempontjából is fontos szerepet kapott. A hazai magnetotellurikus (MT) kutatók érdeme, hogy kimutatták, miszerint az asztenoszféra a Pannon-medencében a kontinentális átlagnál lényegesen kisebb mélységben van (Ádám 1963, Takács 1964). Az asztenoszféra MT mérésekből számított mélysége viszont attól függött, hogy azt a  $\rho_x$  vagy a  $\rho_y$  görbéből számolták. Legvalószínűbb értékét 75–80 km-re becsülték, és feltételezték, hogy a medenceperemen (Nagycenk, Gyula, Kocsord) a jól vezető réteg elmélyül (Takács 1964, Ádám 1974).

A kis sebességű réteg mélysége a földrengés menetidőgörbék inflexiós pontjából számítva a Kárpát-medencére 74,5 km-nek adódott (Bisztricsány 1974).

A számjegyes regisztrálás és a számítógépes feldolgozás lehetővé tette azt is, hogy a földtani alapszelvény program keretében induló reflexiós szelvényezés a teljes kéregre kiterjeszthető legyen (Ráner et al. 1972).

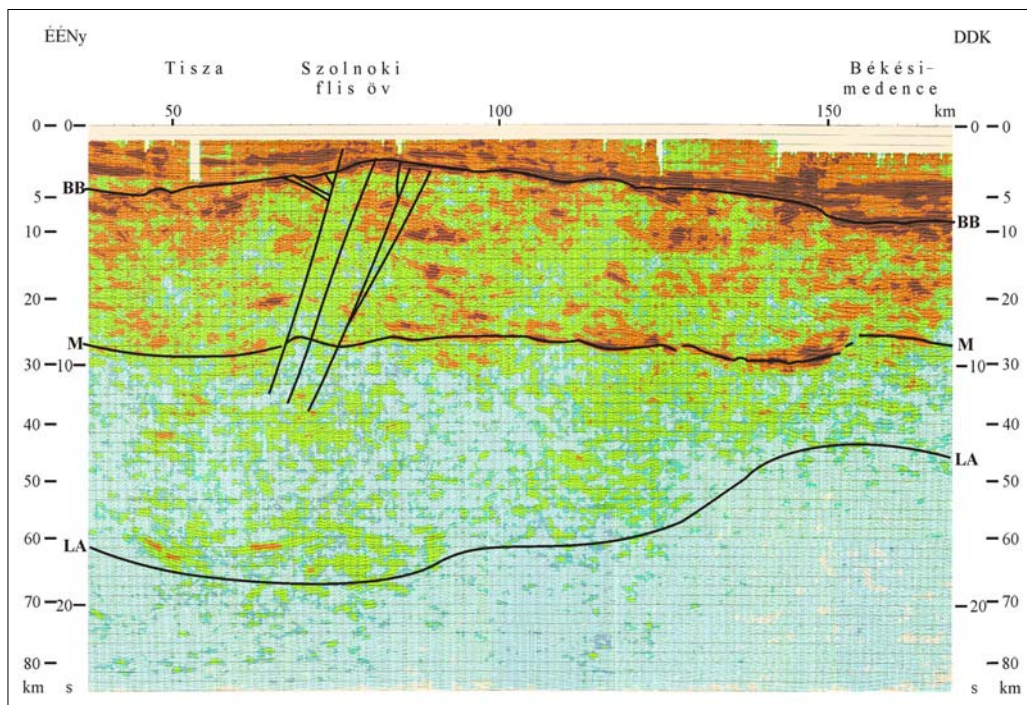
A kapott kedvező tapasztalatok felhasználásával kezdődtek 1976-ban Biharkeresztes–Hosszúpályi, azaz a Derecskei-árok térségében a szelvény menti litoszféra- és asztenoszféra-kutató mélyreflexiós vizsgálatok (a KESZ-1 helye a kéreg–köpeny határ mélységtérképén látható). A kéreg és a köpeny litoszféra-



3-7. ábra. Az első, teljes litoszférát harántoló KESZ-1 reflexiós időszelvény

ban – több kilométeren át – korrelálható reflexiós szintek voltak meghatározhatók, melyekből következtetni lehetett a litoszféra főbb szerkezeti elemeire. Egy, a litoszféra–asztenoszféra átmenti zónáig lenyúló nyírási zóna eltérő szerkezetű litoszféarészeket különített el úgy, hogy abból oldaleltolódásra lehetett következtetni (Posgay et al. 1979, Pogácsás et al. 1989).

A szelvényen végzett sebességmeghatározás (Posgay et al. 1981) szintén emelkedett helyzetben valószínűsítette a litoszféra–asztenoszféra átmenet felső zónáját és megerősítette az alsó kéregben meghatározott, viszonylag nagy intervallumbeli (6, 9, 7,3 km/s) sebességértékeket, amelyekből az alsó kéreg bázikusságára és a kéreg–köpeny határ mélységének időbeli változására lehetett következtetni (Posgay et al. 1986, Posgay 1993).



3-8. ábra. Az első litoszféra-felboltozódást kimutató eredmény. A PGT-1 reflexiós idő-szelvény szélén a közelítő mélységeket tüntettük fel. A feketével rajzolt hullámírásszelvényen a színezés a pillanatnyi amplitúdót jelzi. A litoszféra–asztenoszféra határ (LA) a Békési-medence alatt feldomborodik

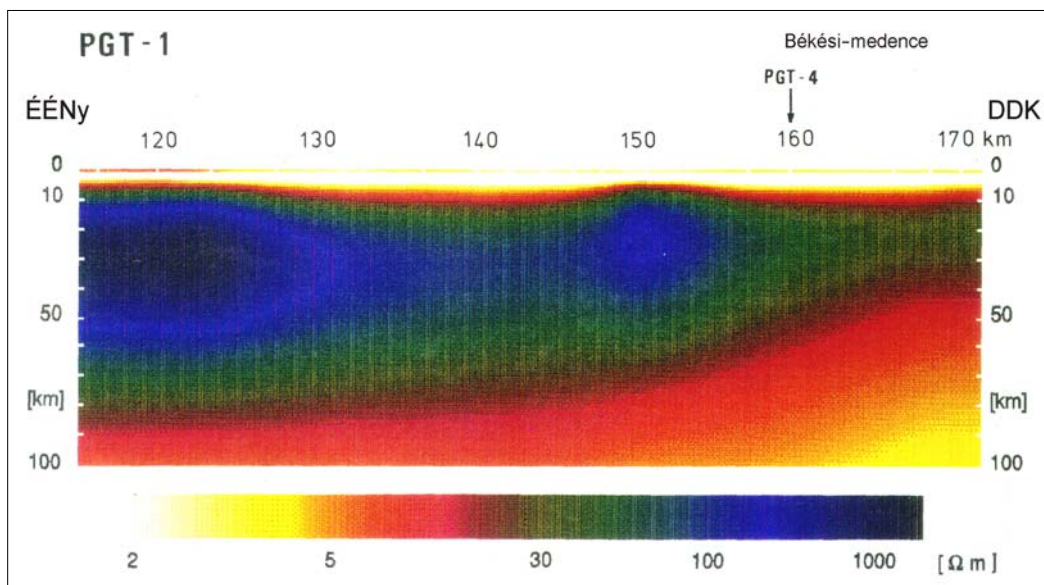
Az eredmény újszerűségének jellemzésére megemlíthető, hogy *Mooney és Brocher* (1987) az Amerikában és Európában mért több tízezer km összhosszúságú kéregkutató, reflexiós szelvény tapasztalatai alapján nem tartotta elképzelhetőnek a felső köpenyből reflexiók észlelhetőségét. Az angol intézetek reflexiós szelvényezésre 1981-ben alakult társulása (BIRPS, Smythe et al. 1982) a kiváló minőségű, köpenytartományból észlelt beérkezéseinek reflexió voltát bizonyító sebességmeghatározását csak 1990-ben közölte (Flack and Warner).

A Pannon Geotraverz mentén (PGT-1 és PGT-3 jelű mélyreflexiós szelvényeken, helyük a kéreg–köpeny mélységtérképén látható) – a 80-as évek második felében és a 90-es évek elején, az OTKA és a KFH (majd jogutódja a MGSZ) támogatásával – végzett szeizmikus kutatások már egy komplex tudományos vizsgálatsorozat keretében folytak, és ÉÉNy–DDK irányban a Nagyalföld jelentős részét harántolták (Posgay et al. 1990). A PGT-1 szelvény menti szeizmikus mérések adták (a világon) az első olyan eredményt, amelyből egy asztenoszférafelboltozódást lehetett vázolni (Posgay et al. 1992). A téma keretében végzett szeizmikus, geomágneses, gravitációs (Kovácsvölgyi 1994), magnetotellurikus és geotermikus vizsgálatokból (Posgay et al. 1995) a Békési-medence alatt a kéreg–köpeny határzóna (20–25 km) és a litoszféra–asztenoszféra határzóna (40–45 km) emelkedett helyzetére, a litoszféra jelentős részét harántoló elmozdulási (nyírási) zónákra (Posgay, Szentgyörgyi 1991), továbbá a felső kéregbe is hatoló magmatikus intrúziókra lehetett következtetni. A flis öv alatti, meredek – a felső köpenybe hatoló – nyírási zóna kapcsolata a neogén üledékekben meghatározott (Pogácsás et al. 1989, D. Lőrincz, Szabó 1992) virágszerkezetekkel is valószínűsíthető volt.

Az ELGI magnetotellurikus méréseinek frekvenciatartománya (100–0,001 Hz) általában nem teszi lehetővé a kéreg alatti mélységtartomány kutatását. A PGT-1 vonal D-i szakaszán, illetve a PGT-4 vonalon azonban az asztenoszféra mélységéből származó, jól vezető indikációk jelentkeztek különösen az ellenállásgörbénél mélyebbre „látó” fázisgörbéken.

A képződmény mélységének meghatározása az erős irányfüggést mutató szondázási görbék egydimenziós (1D) kiértékelése alapján rendkívül bizonytalan volt. A jól vezető képződmény mélységére megbízható becslés csak a két-dimenziós (2D) inverziós algoritmusok alkalmazása során volt kapható, amelyek első kísérletei az ELGI-ben a 90-es évek közepére tehetők. A PGT-1 és a PGT-4 szelvények 2D inverziója az RRI algoritmussal készült (Smith, Brooker 1988). Az inverziók az asztenoszféra jól vezető rétegének mélységére a következőket ad-





3-9. ábra. PGT-1 D-i részének magnetotellurikus szelvénye

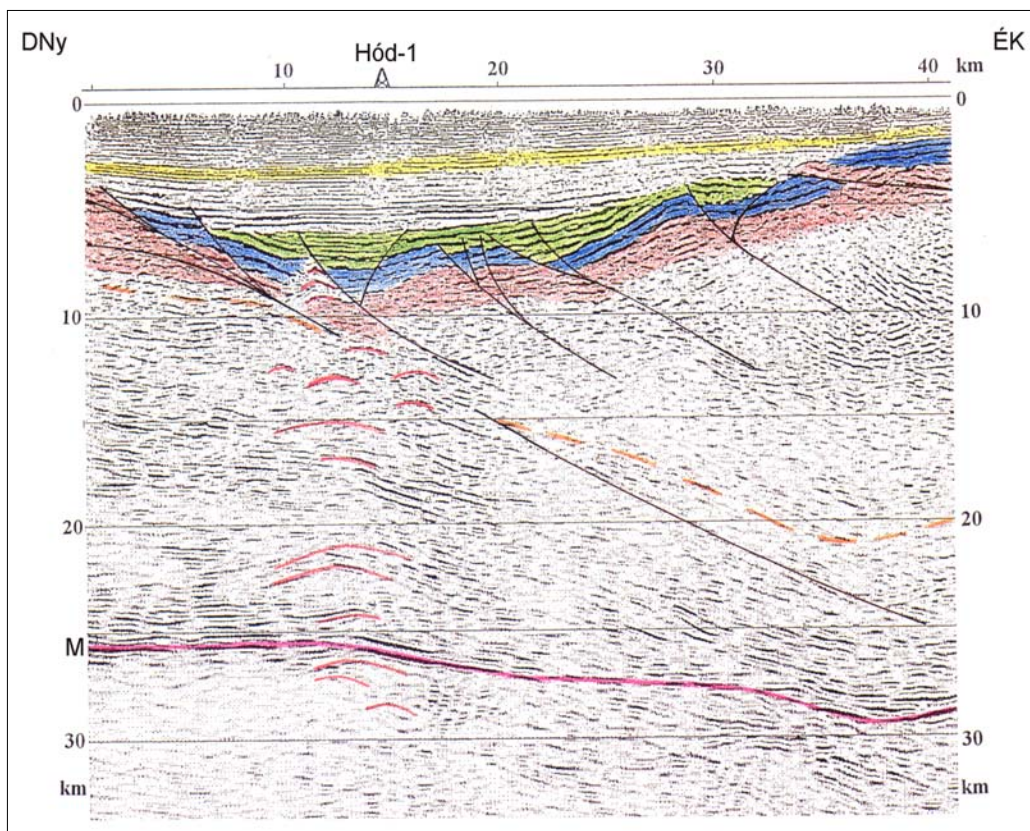
ták: a képződmény a Békési-medence kivételével 60–80 km mélységben található, ami jó egyezésben van a Pannon-medencére jellemző átlagértékkel. A jól vezető képződmény mélységére a Békési-medence alatt mindkét szelvényből megemelt 30–40 km mélység adódott. A bemutatott ábrán a PGT-1 D-i részének magnetotellurikus szelvénye látható. A magnetotellurikus mérésekből kapott adatok összhangban vannak a térségben az asztenoszféra feldomborodását jelző szeizmikus információkkal. (Megjegyezzük, hogy azóta már az összes MT pont alapján 2D inverzió is készült a PGT-1 mentén.)

Az eredmény – főleg az asztenoszféra-feldomborodás – újszerűségét jellemzi, hogy az asztenoszférával évtizedek óta foglalkozó, itthon és külföldön egyaránt elismert, nagy tekintélyű kutatók az asztenoszféra elmélyülését (76 km) tartották valószínűnek (Ádám et al. 1993) az értekezés (Posgay et al. 1995) megjelenéséig (Ádám 1996).

A külföldi reagálás nagyon kedvező volt. Kanadai és svájci kutatócsoportok személyes részvételükkel (és a hazai viszonyok között elérhetetlen értékű) felszereléseikkel és anyagi támogatással vettek részt 1992-ben a PGT-4 mérésében (Hajnal et al. 1996). A kutatásban az ELGI munkatársai mellett világhírű (*Stephan*

Müller, Hajnal Zoltán és Jörg Ansorge) professzorok vezetésével kanadai és svájci kutatók – intézményeik felszerelésével – vettek részt (Posgay et al. 1996). Az összes robbantást kanadai és magyar műszerek is regisztrálták. A PGT-4 második, ÉÉK irányú részének terepi méréseit Horváth Ferenc OTKA pályázata kertében szintén az ELGI végezte. A PGT-4 menti mélyreflexiós méréseket több hazai pártfogó is támogatta.

A hazai szeizmikus litoszféra-kutatás eredményei elismerésének tekinthető az is, hogy az ELGI-t és a Magyar Geofizikusok Egyesületét bízták meg a 6. mélyreflexiós szimpózium (6th International Symposium on Seismic Reflection Probing of the Continents and their Margins, Budapest, 1994) megrendezésével.



3-10. ábra. A Hódmezővásárhely–Makói-árokot keresztező PGT-4 szelvény részlete

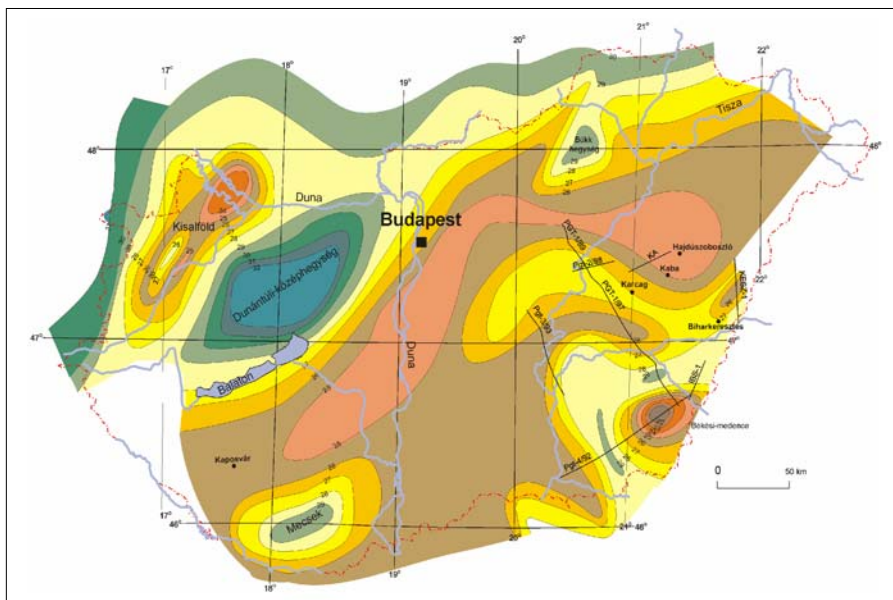
A kanadai berendezésekkel sikerült az átviteli frekvenciatartomány alsó határát 1–2 Hz-re csökkenteni (Posgay et al. 1996a). A medencefejlődés főbb tektonikai elemei elhelyezkedésének közelítő meghatározásával olyan térbeli medencefejlődési modell volt kialakítható, amelynek alapját a szeizmikus reflexiós szelvényeken a litoszféra aljáig követhető mély nyírási zónák alkotják. Az Erdélybe is áthúzódó DK-magyarországi NyDny–KÉK irányú süllyedéksor Ny-i (Dorozsmai- és Hódmezővásárhely–Makói-árkok felőli) részén ÉK-i dőlésű a K-i (Belényesi- és Bátoródi-árkok felőli) részén DNy-i dőlésű, enyhe lejtésű nyírási zónák alakultak ki, melyek mentén (valószínűleg főleg) a posztrift fázisban jelentős (sok kilométeres) elmozdulás történt a központi (Békési- és Zarándi-medencék alatti) részen kis mélységbe felnyúló asztenoszféra-magaslat felé. A 3-10. ábra a PGT-4 szelvény Hódmezővásárhely–Makói-árkot keresztező részét mutatja. A DNy felől az asztenoszféra-feldomborodás felé lejtő elmozdulási zóna felett, azzal közel párhuzamos elmozdulások az árok alját is tagolták. A közel ellentétesen elmozduló részek között (a központi részen) meredek dőlésű elmozdulási zónarendszer alakult ki (Posgay et al. 1997).

A pretercier medencealjazatból érkező, környezetükből kiemelkedő reflexiós szeizmikus amplitúdóanomáliák értelmezésére végzett szeizmikus modellezési (Takács et al. 1996) és magnetotellurikus vizsgálatok szerint a PGT-1 és PGT-4 szelvényen észlelt néhány amplitúdóanomália potenciális szénhidrogén-előfordulásként is értelmezhető (Posgay et al. 1996b). A Mohorovičić-diszkontinuitás (Moho) mélységtartományában becsült rugalmas paraméterekből egy gyenge nyírási szilárdságú zónára lehetett következtetni (Takács, Hajnal 2000).

PGT-1 szelvény mentén komplex adatfeldolgozás és interpretáció történt 2011–2012-ben. Ennek keretében az összes (ELGI, GGKI és MOL által mért) magnetotellurikus mérési anyagot (kétdimenziós inverzió WinGLink programmal feldolgozva), valamint a gravitációs és mágneses térképi adatokat és azok különböző transzformált változatait is felhasználták az értelmezéshez. Félautomatikus hatókijelöléseket (inverziókat) végeztek Euler-, Werner-dekonvolúcióval és Naudy-féle mágnesesható-kijelöléssel (Kiss, Madarasi 2012).

A kéreg–köpeny határról több országos mélységtérkép is készült, melyeket az ELGI nemzetközi hálózatban végzett mérései alapján állítottak össze. Egy részletes térképet *Eperjesi Béla* (1996) diplomamunkája során készített el. A térkép szerkesztésénél az utolsó években készített mélyszeizmikus szelvények eredményeit is figyelembe vette, ezért ezek területén részletesebb a korábbinál (Posgay et al. 1991). Körvonalazódik (a Dunántúli-középhegységen kívül) a Mecsek





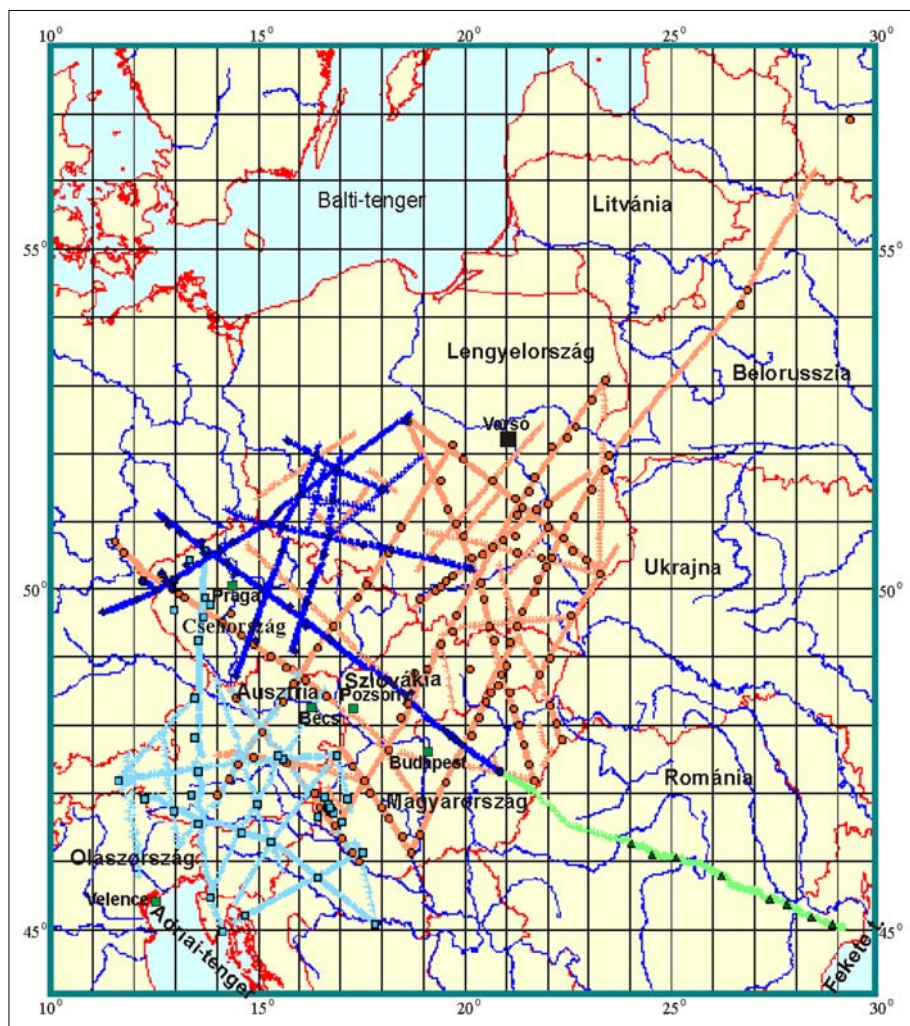
3-11. ábra. A kéreg–köpeny határfelület mélységtérképe

és a Bükk alatti kéregkivastagodás is, továbbá (a Kisalföld és a Derecskei-árok mellett) a Békési-medence alatti kéreg kivékonyodása.

### 3.4.3. „Új generációs” mélyszeizmikus és magnetotellurikus kutatások

Az ezredforduló táján egy nagy közép-európai litoszféra-kutató programban vett részt az ELGI. 2000-ben Európa és Észak-Amerika 14 országának 28 földtudományi intézménye CELEBRATION 2000 néven Közép-Európában végrehajtotta az eddigi legnagyobb litoszféra-kutató programot. A CELEBRATION név angol mozaikszó, jelentése „Central European Lithospheric Experiment Based on Refraction”. A konzorciumhoz a következő években több ország számos intézménye csatlakozott. A következő években a VRANCEA 2001, az ALP 2002 és a SUDETES 2003 programok szervesen csatlakoztak a 2000. évi mérésekhez.

Közép-Európában az első, jelentős nemzetközi összefogással végzett „új generációs” mélyszeizmikus (tomografikus feldolgozásra is alkalmas) kéregkutató mérést, a Polonaise'97 programot lengyel kutatók szervezték, akiknek a későbbi mérésekben is döntő szerepük volt. A Polonaise'97 projekt célja a TESZ



3-12. ábra. Nemzetközi litoszféra-kutató méréshelyszínrajza. A világos barna vonalak a 2000. évben mért CELEBRATION, a zöld vonal a 2001. évi VRANCEA, a világoskék a 2002-ben mért ALP, és a sötétkék vonalak a 2003-ban mért SUDETES elnevezésű szelvények helyét mutatják

(Trans-European Suture Zone) és környezete szerkezetének megismerése volt (Guterch et al. 1999).

A regisztrálóállomásokat egyszerre telepítették a szelvények mentén, és a mérés folyamán minden regisztrálóállomás minden robbantópont hullámterét regisztrálta. Így vertikális szelvények helyett területi sugárfedettséget, vagyis egy háromdimenziós adattömböt kaptak, amely háromdimenziós feldolgozásra és értelmezésre is alkalmas volt. Ezt a mérési eljárást nevezték el később „új generációs” szeizmikának.

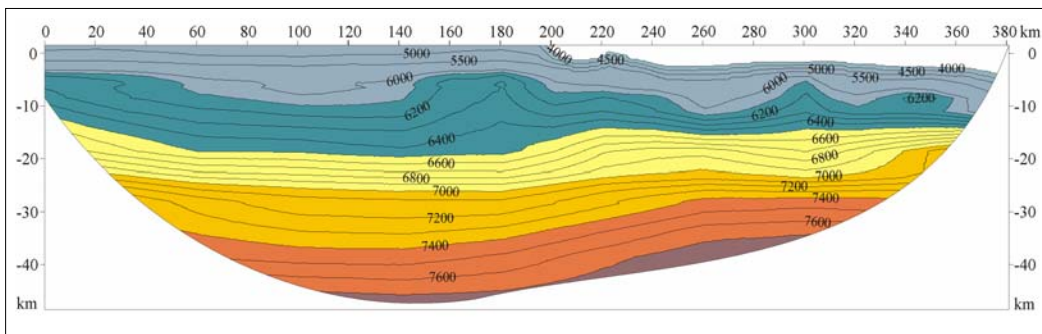
A CELEBRATION vonalak mérésére 2000-ben került sor. Ez a program olyan méretű volt, hogy – bár ide koncentrált a mérés idején szinte a világon ekkor létező, összes ilyen jellegű regisztráló műszer – ez távolról sem volt elegendő a teljes vonalhossz megfelelő sűrűségű betérítéséhez. Így 2000-ben három, egymást jelentősen átfedő rész mérés során a programot külön-külön végezték el.

A kutatások É-on és K-en a Kelet-európai Pajzs, Ny-on az európai kontinentális lemez, az ezekkel D felől határos Kárpát-ív és a Kelet-alpi egység területén folytak. A két nagy kontinentális lemez, illetve a Kárpát-ív és a Kelet-európai Pajzs a Tornquist-Teisseyre Zóna mentén érintkezik. Ez a terület legjellegzetesebb érintkezési zónája. A Kárpátok íve körülöleli a pannóniai medencerendszert, amelyet D-ről a Dinári, Ny-ról a Kelet-alpi egység zár. A kutatások célja a litoszféra szerkezetének és fejlődéstörténetének minél pontosabb megismerése volt.

A méréseknél mintegy ezer amerikai TEXAN típusú regisztrálóállomás és mintegy kétszáz régebbi kanadai PRS típusú állomás szerepelt. Ezek egyszatornás műszerek, amelyek a talajgyorsulás vertikális komponensét regisztrálták és tárolták el saját belső memóriájukban 1 és 50 Hz közötti átvitelrel előre programozott időablakokban. Időzítésük nagy pontosságú belső órával történik, amelyet a GPS időhöz szinkronizálnak. Ugyanilyen órák vezérlik a lőgépeket is, biztosítva ezzel a terjedési idők pontos ismeretét. A felvételek kiolvasása a műszerekből a mérések befejezése után az adatközpontokban történt.

A feldolgozást és értelmezést tekintve még folyamatban lévő kutatásokról van szó. A várható eredmények vázolását néhány példával mégis érdemes megkísérelni.

A CEL05 a leghosszabb szelvénye az egész programnak, Mohácstól majdnem Szentpétervárig terjed. A közel 1400 km hosszú szelvény a litoszféra rendkívüli komplexitását mutatja. A Pannon-medencében mintegy 5 km vastag a medenceüledék, majd mind vízszintes, mind függőleges irányban változatos sebességű konszolidált kéreg alatt található a Moho (Mohorovičić-határfelület) mintegy 25 km mélységben.



3-13. ábra. A CEL07 tomografikus szeizmikus szelvény

A legkomplikáltabb felépítést a Kárpátok, illetve a TESZ területén figyelhetjük meg. A kis sebességű üledékes takaró itt 20 km-es mélységet is elér (Grad et al. 2005).

A CEL07 vonal a Cseh Masszívumról, Passau környékéről indulva a Keleti-Alpok, a Gráci- és a Dráva-medencét átszelve Barcsig terjed (Posgay et al. 2007). A Kőszeg–Rohonci-hegység és környékének penninikumi korú kibúvásaitól DNy-ra futó szelvényből a Kőszeg–Rohonci kiemelkedés Ny-i folytatására lehet következtetni, amely a Tauern tektonikai ablak irányába esik. Ezt a nyúlványt (vagy gerincet) a felső kéregben az izosebesség-vonalak 4–6 km-es kiemelkedése mutatja.

A Cseh Masszívum és a Balaton-vonal közelében (fúrásokból ismert) paleozoós kiemelkedések táján, továbbá a metamorf medencealjzatú Tisza egység szakaszán is a felső kéregbeli izosebesség-vonalak feldomborodnak.

Az Északi-Mészkő-Alpok, a Dunántúli-középhegység fiatal üledékekkel tarkított folytatása és a Száva egység mezozoós része alatt a felső kéreg izosebesség-vonalai elmélyülnek.

A CEL08 vonal Kapuvár–Bátaszék irányában fut. Az elsődleges, kvázi-3D feldolgozással kapott szelvényen egy nagyon érdekes, erősen csökkent sebességű zóna jelentkezik a Dunántúli-középhegység tengelyvonában. A párhuzamos nyomvonalon végzett magnetotellurikus mérések 2D inverzióval feldolgozott szelvényén, ezen a szakaszon egy csökkent ellenállású zóna jelentkezik (Varga 2000).

Az eddigi 3D feldolgozások során készült, a P-hullám sebességeloszlásának az ország ÉK-i részén és a Dunántúlon tomográfias inverzióval meghatáro-

zott vízszintes és függőleges szelvények menti metszetei, továbbá az azonos sebességű felületek térbeli elhelyezkedését mutató axonometrikus ábrák is jól felhasználható eredményeket ígérnek (Hegedűs et al. 2003).

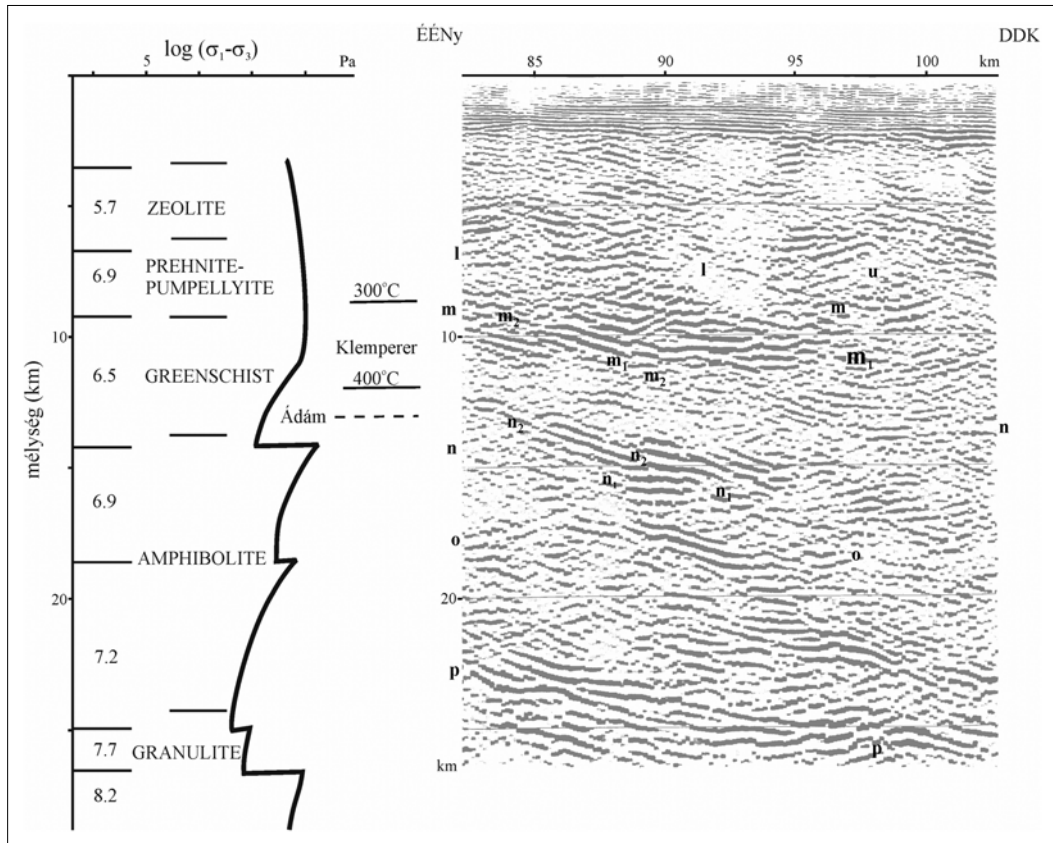
Az ALP 2002 program kiterjesztéseként a kéreg felső harmadának kutatására területi mérések is folytak (Hajnal et al. 2004). A mérés a Nyírségben mintegy 700 km<sup>2</sup>-nyi területen történt. A cél az üledékek és az ezekben változatosan elhelyezkedő vulkáni rétegek, továbbá a harmadkori medencealjzat 3D sebességképeinek áttekintő meghatározása volt. A P-beérkezések idejéből 3D tomográfiával meghatározott sebességmező medencealjzat-mélységében készített metszetén látható sebességanomália és egy kisebb gravitációs anomália egybeeséséből a medencealjzat kiemelkedésére lehet következtetni (Posgay et al. 2004). A vertikális mágnesesanomália-térkép itt nem jelez anomáliát. Ez a nagyobb szuszceptibilitású vulkáni kőzetek (és kedvező esetben a vulkáni takaró) jelentős elvékonyodását jelezheti (Posgay 1967).

A magyar területre eső CELEBRATION szelvények első komplex geofizikai feldolgozása (szeizmikus, magnetotellurikus, gravitációs és mágneses) és földtani értelmezése – a sűrű magnetotellurikus méréseknek köszönhetően – a CEL07 szelvény mentén történt (Kiss, 2005). Ezt követte a CEL08 szelvény komplex értelmezése (szeizmikus, gravitációs és mágneses adatok alapján) 2009-ben (Kiss, 2009). Azóta elkészült a CEL04, CEL05 és a CEL01, de ezek csak belső jelentésekben találhatók meg, publikáció még nem készült ezekről az eredményekről.

#### **3.4.4. Közel vízszintes reflexiók értelmezése**

A Föld szilárd kérgében található, közel vízszintes reflektáló felületek keletkezése már több évtizede foglalkoztatja a litoszféra-kutatókat. A hazai kutatások során is nagyon gyakran jelentkeztek közel horizontális reflexiók a pretercier medencealjzat alatt. A Pannon-medencerendszer területén szerzett tapasztalatok alapján új elképzelés alakult ki, amely a kainozoós medence aljzatából kapott reflexiós szerkezetkutatási eredmények, továbbá a kőzetek metamorf átalakulásának értelmezéséhez is új szempontot adhat.

A Föld kérgét az irodalomban közölt szilárdsági modellszámításoknál egy vagy két réteggel közelítik. A kéreg tulajdonságainak jobb megközelítése érdekében a longitudinális intervallumsebességek felhasználásával pontosabb modell határozható meg (Posgay et al. 2001). A közel vízszintes reflektáló felületeknek



3-14. ábra. A PGT-1 migrált mélységszelvény egy szakaszának felső része. A közel vízszintes reflexiók az ásványstabilitási zónák, illetve a szilárdsági burkoló görbe változási részeivel egyező mélységben találhatók

a metamorf ásványtársulások mai stabilitási zónáival, továbbá a reológiai szelvény viszonylag nagyobb szilárdságú zónáival mutatott mélységi egybeeséséből (3-14. ábra) arra lehet következtetni, hogy a közel vízszintes reflexiók kötegek a kéreg korábban (pl. a variszkuszi orogén időszakban) metamorfizációval kialakult szerkezetének retrograd metamorf átírása során keletkeztek.

A retrograd átkristályosodáskor a maximális főfeszültség és hőmérsékleti gradiens a maihoz hasonló, azaz függőleges lehetett, és hatására alakulhatott ki metamorf elkülönüléssel a horizontálisához közeli szerkezet. Az elmondottak

alapján valószínű, hogy a konszolidált kéregben a szeizmikus reflektáló felületek a jelenlegihez hasonló mélységi, hőmérsékleti és nyomásviszonyokat is tükrözik (Posgay et al. 2004). Az egyes ásványtársulásokon belül az egyes ásványok stabilitási nyomása, hőmérséklete és a retrograd átalakuláshoz szükséges folyadékigénye is változó. Ezzel magyarázható, hogy az ásványtársulások stabilitási övében belül több reflektáló felület is jelentkezik. Az ilyen reflexiók kép a hagyományos értelmezéssel általában üledékes szerkezettel értelmezhető, ezért ezeknek az eredményeknek a figyelembevétele a nyersanyagkutatásoknál is használhatónak látszik (Posgay et al. 2005).

## Irodalom

- Ádám A. (1963): A földkéreg és a felső köpeny elektromos ellenállásviszonyainak kutatása Magyarországon földi elektromágneses térrel. (Módszertan és eredmények.) Kandidátusi értekezés
- Ádám A. (1974): Geoelektromos mélyszerkezet és geotermikus értelmezése a Magyar medencében. MTA. X. Oszt. Közl. 7/3–4, 276
- Ádám, A. (1996): Regional magnetotelluric (MT) anisotropy in the Pannonian Basin (Hungary). *Acta Geod. Geoph. Hung.* 31/1–2, 191–216
- Ádám A., Szarka L., Steiner T. (1993): Magnetotelluric approximations for the asthenospheric depth beneath the Békés graben, Hungary. *J. Geomap and Geoelectr.* 45, 761–773
- Beránek B., Weiss J., Hrdlicka A., Dudek A., Zouunkova M., Suk M., Feifar M., Militzer H., Knothe H., Mituch E., Posgay K., Uchman J., Sollogub V. B., Chekunov A. V., Prosen D., Milovanovic B., Roksandic (1972): The results of the measurements along the international profiles. In: *The crustal structure of Central and South-eastern Europe based on the results of explosion seismology*. Ed. by: Szénás Gy. (Eds. of the original Russian text: Sollogub V. B., Prosen D., Militzer H.), *Geophys. Trans. Spec. Ed.* pp. 131–140
- Bisztricsányi E. (1974): Az LVL mélysége Európában és néhány szomszédos területen. *Geof. Közl.* 22, 62–68
- D. Lőrincz K., Szabó P. (1992): Többfázisú oldaleltolódásos tektonizmus vizsgálata a Szolnok környéki szeizmikus szelvényeken. *Magyar Geofizika* 33/2–3, 85–108
- Embey-Isztin A. (1992): Kontinentális alkálizáltak, alsókéreg és felsőköpeny zárványok a Pannon-medence példáján. Doktori értekezés tézisei
- Eperjesi B. (1996): A kéreg és köpeny határának vizsgálata a Pannon-medencében geofizikai adatok alapján. Szakdolgozat, Miskolci Műszaki Egyetem, Geofizikai Könyvtár



- Flack C., Warner M. (1990): Three-dimensional mapping of seismic reflections from the crust and upper mantle, Northwest of Scotland. *Tectonophysics* 173, 469–481
- Grad M., Guterch A., Keller G. R., Janik T., Hegedűs E., Vozár J., Ślaczka A., Tiira T., Yliniemi J. (2006): Lithospheric structure beneath trans-Carpatian transect from Precambrian platform to Pannonian basin: CELEBRATION 2000 seismic profile Cel05. *Journal of Geophysical Research* 11, B03301, doi: 10.1029/2005JB003647.CEL.
- Guterch A., Grad M., Thybo H., Keller G. H., The POLONAISE Working Group (1999): POLONAISE'97 – an international seismic experiment between Precambrian and Variscan Europe in Poland. *Tectonophysics* 314, 101–121
- Hajnal Z., Reilkoff B., Posgay K., Hegedűs E., Takács E., Asudeh I., Mueller St., Ansorge J., Delaco R. (1996): Crustal-scale extension in the central Pannonian basin. In: *Seismic reflection probing of the continents and their margins*. White D. J., Ansorge J., Bodoky T. J., Hajnal Z. (eds.). *Tectonophysics* 264, 191–204
- Hajnal Z., Hegedűs E., Keller G. R., Fancsik T., Kovács A. Cs., Csabafi R. (2004): Low-frequency 3-D seismic survey of upper crustal magmatic intrusions in the northeastern Pannonian basin of Hungary. *Tectonophysics* 338, 239–252
- Hegedűs E., Hajnal Z., Keller R., Harder S., Brueckl E., Fancsik T., Kovács A. Cs., Csabaffi R., Bodoky T., Posgay K. (2003): Detailed wide-angle refraction-reflection surveys in frame of the ALP 2002 international lithospheric program. EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France
- Horváth F. (1993): Towards a mechanical model of the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics* 226, 333–357
- Kiss J. (2005): A CELEBRATION-7 szelvény komplex geofizikai vizsgálata, és a „sebesség-anomália” fogalma. *Magyar Geofizika* 46/1, 1–10
- Kiss J. (2009): A CEL08 szelvény geofizikai vizsgálata. *Magyar Geofizika* 50/2, 59–74
- Kiss J., Madarasi A. (2012): A PGT-1 szelvény komplex geofizikai vizsgálata (nem szeizmikus szemmel). *Magyar Geofizika* 53/1, 29–54
- Kovácsvölgyi S. (1994): A Békési-medence gravitációs és földmágneses anomáliáinak értelmezése az újabb ismeretek tükrében. *Magyar Geofizika* 35, 90–94
- Mituch E. (1968): The results of seismic measurements carried out in the Hungarian sections of the international crustal investigation profiles. *Acta Geodaet. Geophys. et Montanist.* 3/3–4, 395–403
- Mituch E., Posgay K. (1965): Hazai szeizmikus kéregkutatás fejlődése és eddigi eredményei. *Földtani Kutatás* 8, 66–72
- Mituch E., Posgay K. (1972): Hungary. In: *The crustal structure of Central and South-eastern Europe based on the results of explosion seismology*. Ed. by: Szénás, Gy. (Eds. of the original Russian text: Sollogub V. B., Prosen D., Militzer H.). *Geophys. Trans. Spec. Ed.* pp. 118–129
- Miller H., Angenheister G., Ansorge J., Aric K., Bamford D., Cassinis R., Gebrande H.,



- Guerra I., Gutdeutsch R., Kaminski W., King R., Morelli C., Mueller St., Nicolich R., Perrier G., Posgay K., Prodehl C., Scarascia S., Schmedes E., Steinhauser P., Thouvenot F. (1976): A lithospheric seismic profile along the axis of the Alps, 1975. *Pageoph.* 114, 1109–1130
- Mooney W. D., Brocher T. M. (1987): Coincident seismic reflection – refraction studies of the continental lithosphere: a global review. *Rev. Geophys.* 25/4, 723–742
- Pogácsás Gy., Lakatos L., Barvitz A., Vakarcs G., Farkas Cs. (1989): Pliocén-quarter oldaleltolódások a Nagyalföldön. *Ált. Földt. Szemle.* 24, 149–189
- Polcz I. (szerk.) (1993): Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I., 202 o., ELGI, Budapest
- Posgay K. (1967): A magyarországi földmágneses hatók áttekintő vizsgálata. *Geofizikai Közlemények* 16/4, 1–118
- Posgay K. (1975): Mit Reflexionsmessungen bestimmte Horizonte und Geschwindigkeitsverteilung in der Erdkruste und im Erdmantel. *Geophys. Trans.* 23, 13–17
- Posgay K. (1993): Formation of the crust-mantle boundary in the previous upper mantle. *Geophys. Trans.* 37/4, 243–251
- Posgay K., Albu I., Bodoky T., Kengyel M., Komjáthy J., Korvin G., Kovács B., Németh G., Petrovics I. (1979): Szeizmikus módszer és műszerkutatás. *Az ELGI 1978. Évi Jelentése*, 55–56
- Posgay K., Albu I., Petrovics I., Ráner G. (1981): Character of the Earth's crust and upper mantle on the basis of seismic reflection measurements in Hungary. *Earth Evol. Sci.* 1, 272–279
- Posgay K., Albu I., Ráner G., Varga G. (1986): Characteristics of the reflecting layers in the Earth's crust and upper mantle in Hungary. In: Barazangi, M. and Brown, L. (eds.), *Reflection Seismology: A Global Perspective*. Am. Geophys. Union, Geodyn. Ser. 13. Washington, 55–65
- Posgay K. (1982): A kéreg és felsőköpeny-szerkezet kutatása szeizmikus módszerrel. *MTA X. Osztályának Közleményei* 15/3–4
- Posgay K., Hegedűs E., Tímár Z. (1990): The identification of mantle reflections below Hungary from deep seismic profiling. In: *Seismic Probing of Continents and their Margins* (Leven J. H., Finlayson D. M., Wright C., Dooley J. C., Kennett B. L. N., eds.). *Tectonophysics* 173, 379–385
- Posgay K., Szentgyörgyi K. (1991): A litoszférát harántoló eltolódásos törésrendszer a Pannon-medence keleti részén. *Magyar Geofizika* 32, 1–15
- Posgay K., Albu I., Mayerová M., Nakládovalá Y., Ibrmajer I., Blizkovsky M., Aric K., Gutdeutsch R. (1991): Contour map of the Mohorovicic discontinuity beneath Central Europe. *Geoph. Trans.* 36, 7–13.
- Posgay K., Hegedűs E., Tímár Z., Bodoky T. (1992): Asthenospheric structures; encouraging results of deep seismic experiment. 5th Int. Symp. on Seismic Refl. Probing of the Cont. and their Margins, Banff, Canada, Prog. Abstr. p. 59

- Posgay K., Bodoky T., Hegedűs E., Kovácsvölgyi S., Lenkey L., Szafián P., Takács E., Timár Z., Varga G. (1995): Asthenospheric structure beneath a Neogene basin in southeast Hungary. In: Interplay of extension and compression in basin formation (Cloetingh S., D'Argenio B., Catalano R., Horváth F., Sassi W., eds.). *Tectonophysics* 252, 467–484
- Posgay K., Takács E., Szalai I., Bodoky T., Hegedűs E., Jánváriné K. I., Timár Z., Varga G., Bérczi I., Szalay Á., Nagy Z., Pápa A., Hajnal Z., Reilkoff B., Mueller St., Ansorge J., Delaco R., Asudeh I. (1996a): International deep reflection survey along the Hungarian Geotraverse. *Geoph. Trans.* 40/1–2, 1–44
- Posgay K., Albu I., Ádám A., Bérczi I., Hegedűs E., Jánváriné K. I., Kovácsvölgyi S., Lenkey L., Nagy Z., Pápa A., R. Tátrai M., Sipos J., Stegena L., Szafián P., Szalay Á., Timár Z., Takács E., Varga G. (1996b): A terciér medence aljzatának kutatása. *Magyar Geofizika* 36, 27–36
- Posgay K., Bardócz B., Bodoky T., Albu I., Guthy T., Hegedűs E., Takács E. (1997): A Hódmezővásárhely–Makói-árok és a Békési-medence nagy mélységű nyírási zónái térbeli elhelyezkedésének közelítő meghatározása. *Magyar Geofizika* 38/2, 95–123
- Posgay K., Bodoky T., Hegedűs E. (1998): Szeizmikus litoszféra- és asztenoszféra-kutatás – eredmények és nyitott kérdések. *Magyar Geofizika* 39/3, 90–99
- Posgay K., Pápa A., Fancsik T., Bodoky T., Hegedűs E., Takács E. (2001): Metamorphic and rheologic effects shown by seismic data in the Carpathian Basin. *Acta Geologica Hungarica* 44/2–3, 113–134
- Posgay K., Hegedűs E., Bodoky T., Csabafi R., Fancsik T., Kovács A. Cs., Takács E. (2004): A mélyszeizmikus kutatások újabb eredményei: kapcsolat az alkalmazott kutatásokkal. *Magyar Geofizika* 45, Jubileumi különszám, 87–94
- Posgay K., Bodoky T., Hajnal Z., M. Tóth T., Fancsik T., Hegedűs E., Kovács A. Cs., Takács E. (2006): Interpretation of subhorizontal crustal reflections by metamorphic and rheologic effects in the eastern part of the Pannonian Basin. *Geophysical Journal International* 167, 187–203, doi:10.1111/j.1365-246X.2006.03000.x
- Posgay K., Kovács A. Cs., Csabafi R., Bodoky T., Hegedűs E., Fancsik T., Rigler B. (2007): A CEL07 mélyszeizmikus szelvény újraértékelése. *Magyar Geofizika* 48/3, 87–98
- Ráner G., Kónya A., Szalay I. (1972): A Magyar Középhegység előtereinek szeizmikus (módszertani) kutatása. Az ELGI 1971. évi jelentése, pp. 42–46
- Smith J. T., Booker J. R. (1988): Magnetotelluric inversion for minimum structure. *Geophysics* 53/12, 1565–1576
- Smythe D. K., Dobinson A., McQuillin R., Brewer J. A., Matthews D. H., Blundell D. J., Kelk B. (1982): Deep structure of the Scottish Caledonides revealed by the Moist reflection profile. *Nature* 299/5881, 338–340
- Takács E. (1964): Magnetotellurikus műszer és módszerfejlesztési vizsgálatok és alkalmazásuk a geofizikai kutatásban. Kandidátusi értekezés

- Takács E., Posgay K., Hegedűs E., Hajnal Z. (1996): A study on deep reflection data with the aim of detecting hydrocarbon inside the pre-Tertiary basement. Abstracts, Asilomar, California, p. 94
- Takács E., Hajnal Z. (2000): Amplitude versus offset case study on the Moho. Geoph. Trans. 43/2, 93–111
- Varga G. (2000): Reinterpretation of the Transdanubian conductance anomaly using 2D inversion 15th Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth, Cabo Frio Brasil, Book of Abstracts

### 3.5. Földtani alapszelvények

*Ráner Géza<sup>†</sup>, R. Tátrai Marianna, Varga Géza*

#### 3.5.1. Előzmények

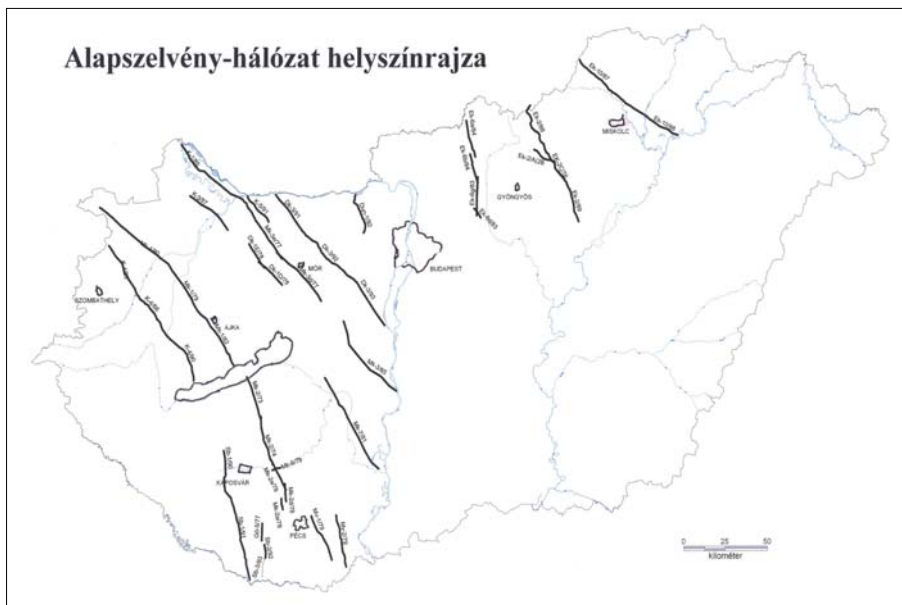
A Kárpát-medence földtani felépítése régóta kutatott és vitatott kérdés, ma sem teljesen megoldott. Az elmúlt évek kutatásai nagyon sok kérdésre választ adtak, de újabb feladatok is megoldásra várnak. A KFH megbízásából a témához, illetve a témacsoportához tartozó kutatások 1971-ben kezdődtek, elsősorban *Ádám Oszkár* kutatási főosztályvezető kezdeményezésére (Ádám et al. 1984). A kutatások „A Magyar-középhegység előtereinek szeizmikus módszertani kutatása” címmel kezdődtek. Az elnevezés később „Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata”, majd „Geofizikai alapvonalak” megnevezésre módosult. A medenceterületek kutatásánál a korábbi gravitációs, földmágneses, geoelektromos és szeizmikus mérések komplex alkalmazása nagyon jó eredményeket adott a pre-ausztriai medencealjzat és a felette lévő üledékes összlet kutatásában a hegyvidéki területek esetén. A medence aljzatát felépítő képződmények belső szerkezetének kutatására a szeizmikus reflexiós módszer alkalmazását eredetileg *Posgay Károly* javasolta, az első kísérleti méréseket az ő kezdeményezésére végeztük. A harmadidőszaknál idősebb képződmények kutatására Recsk (Lendvai et al. 1968), Pápateszér, Vokány (Kakas et al. 1969), Sümegcsehi (Kakas et al. 1970) területén végeztünk kísérleti méréseket. Az első kísérleti méréseket még összegzés nélküli, egyszeres fedéssel végeztük. A mérési technika természetesen még nem volt kielégítő a feladatok megoldásához, de bizonyította, hogy a harmadidőszaki medencealjzat felszíne alól is kaphatunk földtani szempontból értelmezhető adatokat. Ezeket a kezdeti eredményeket 1972-től az Intézet Évi Jeletései ismeretik.

### 3.5.2. Kutatási területek

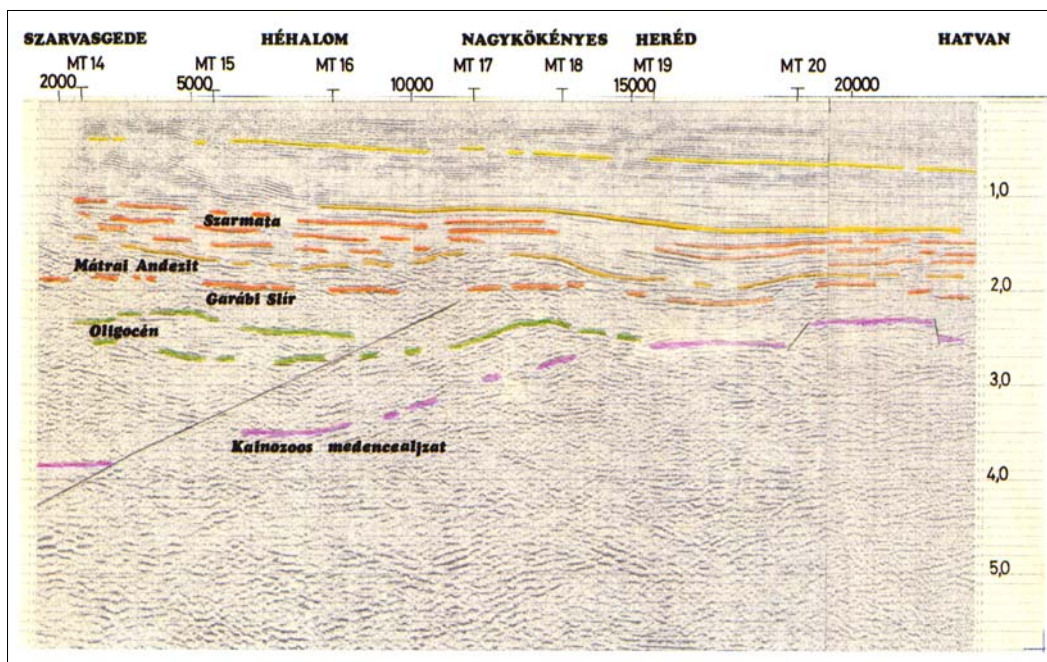
Az elvégzett mérések helyszínrajzát a 3-15. ábra mutatja be. Az első alapszelvényt a Dunántúlon, a korábbi kéregkutató-mérések Sopron–Mohács közötti vonalán tűztük ki.

Ez határozta meg a továbbiakban a Sopron–Zánka között mért MK-1/79, Mk-1/80-81, majd folytatásaként a Balatonőszöd és Mecsek közötti MK-2 szelvény kijelölését. Az MK-3 és a DK jelű vonalak kiválasztását a Súr–Akai terület alatt kapott jó energiájú reflexiós beérkezések vizsgálata indokolta. A Balaton–Velencei-tó vonalától D-re, a Mecsek hegységig tartó területen az MK-4/81, -5/81 és -7/81 szelvényeket mértük, továbbá az MV-1/79 és -2/79 szelvényt a Mecsek és a Villányi-hegység között.

Az Észak-Magyarországon végzett méréseket a mélyföldtani ismeretek hiánya, a Diósjenői diszlokációs öv, és a Darnó-vonal kutatása indokolta. A Zagyvárok területén az ismeretek hiányosak voltak, ezért itt az ÉK-6γ,δ/83 szelvényt elsőként mértük.



3-15. ábra. Az elvégzett mérések helyszínrajza



3-16. ábra. ÉK-6γ,δ/83 szeizmikus szelvény

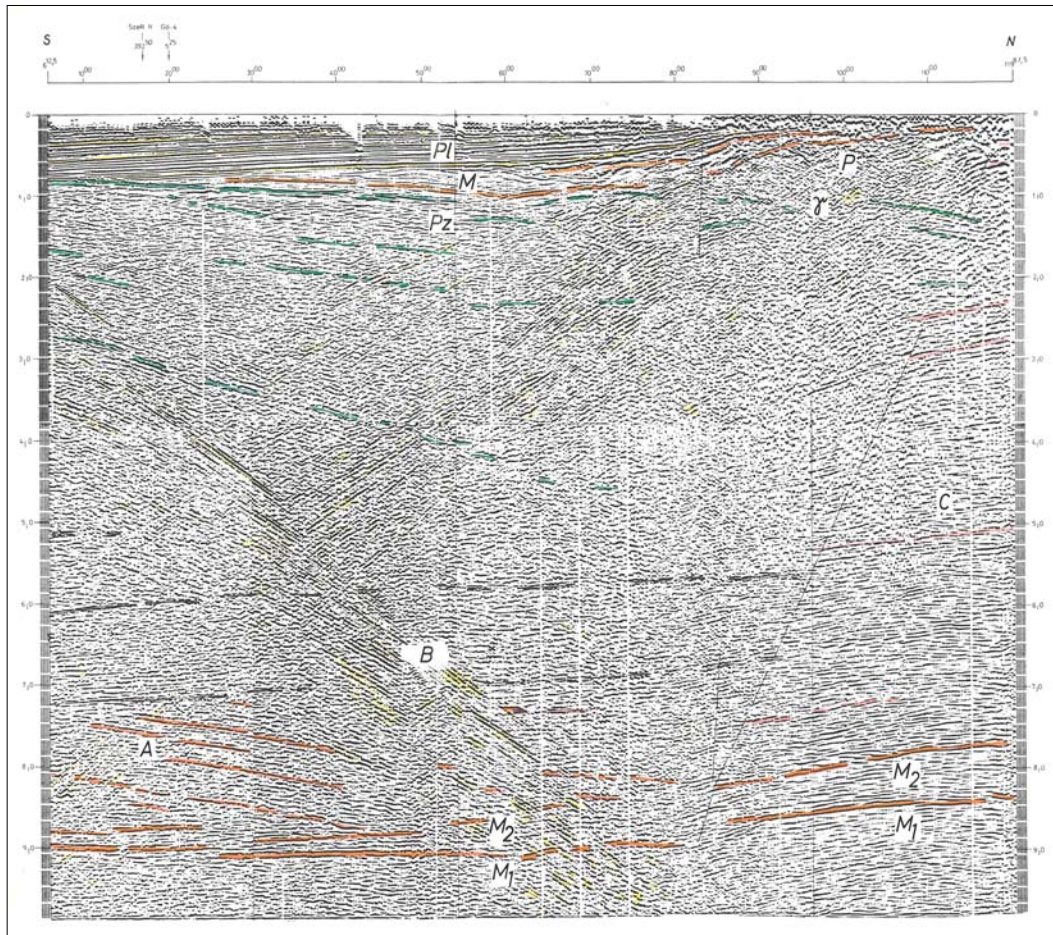
Az ÉK-2/88-89 szelvény a Pannon Geotraverz és a szlovákiai 2T reflexiós szelvény közötti összeköttetést biztosította. Az ÉK-10/87-88 szelvényt a Sajó-Szucha völgyében Tiszadobig mértük.

A reflexiósan jól kutatható területeken nyersanyag- és mélyszerkezet-kutató méréseinknél 10 s-nál hosszabb reflexiós észlelést végeztünk (Velencei-hegység, Zselic és a Nyugat-Mecsek és előterei). Ezek közül mélyreflexiók észlelése szempontjából legsikeresebb a Gö-5/77 (3-17. ábra) vonal mérése volt, mert a Mohorovičić-diszkontinuitás időbeli változásait<sup>3)</sup> sikeresen ki tudtuk mutatni. A Gö-5/77 és a Zse-1/78 szelvényt a Mecseki Szénbányászati Vállalat megbízásából mértük.

KFH regionális programok nagy mélységű szerkezetvizsgáló feladatokat is tartalmaztak (Kisalföld, DANREG, Somogy-Baranya és Darnó). Ezek a földtani

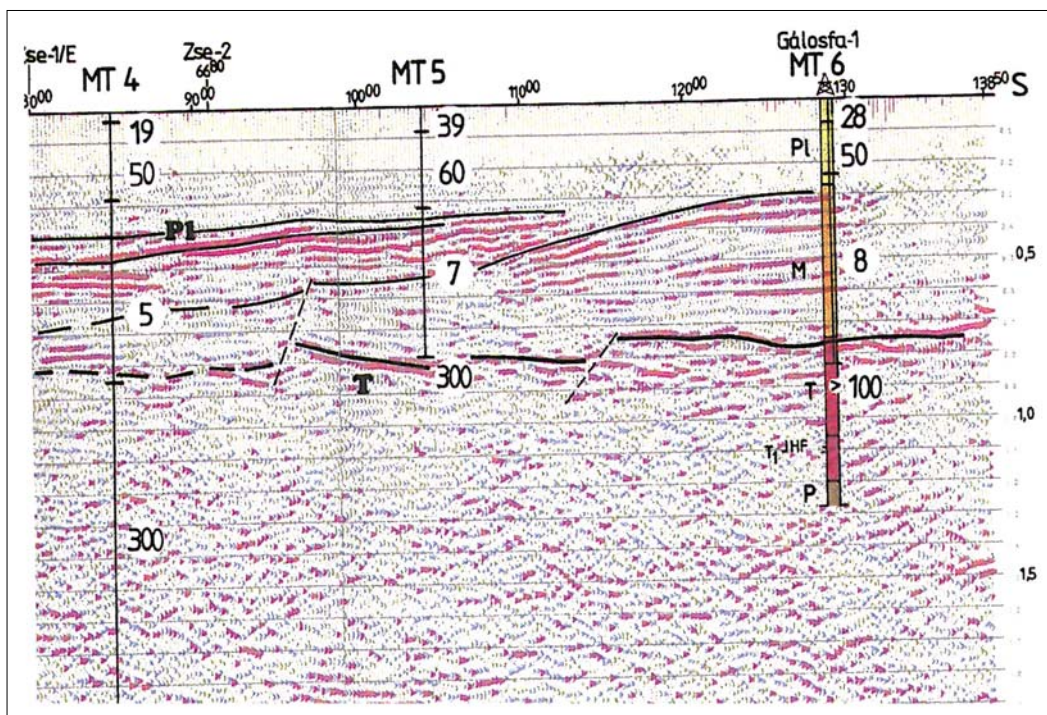
<sup>3)</sup> A földtörténet során a kéregmozgások hatására a Moho szintje áthelyeződhet, de a korábbi „paleo” Moho-szintek még sokáig kimutathatók.





3-17. ábra. A Gö-5/77 reflexiós időszelvény. (M1, M2 – Mohorovičić-diszkontinuitás; A, B, C eltérő dőlésű összletek)

alapszelvények szintén 10 s-os vagy hosszabb regisztrálással és szelvény menti magnetotellurikus szondázásokkal kiegészítve kerültek le mérésre. Ezek a szelvények általában csatlakoztak a korábbi mérésekhez a mélyszerkezeti ismeretek közös értelmezésében (a hosszabb észlelési időt kiemelten indokolta Szénás Gy., mert a hazai tektonikai folyamatok kutatásánál a Conrad-diszkontinuitás ismeretét alapvetőnek tartotta).



3-18. ábra. A Zse-1/78 reflexiók szelvény egy értelmezett szakasza a magnetotellurikus szondázási pontok és a Gálosfa-1 mélyfúrás feltüntetésével

### 3.5.3. A szelvények helyének kijelölése és a terepi szeizmikus mérések néhány paramétere

A mérések pontos helyének kiválasztásakor a nagyszerkezeti megfontolások mellett mérés technikai szempontok is érvényesültek.

Nevezetesen, már a mérések megkezdésekor is alkalmaztuk a nem egyenes vonalú (tört vonalas, „slalom line”) észleléseket. A közös mélységpontos szelvény méréseket 12-szeres fedéssel végeztük. A geofonköz 25–100 m között változott. A 100 m-es geofonközt azért választottuk, hogy a kis csatornaszámú műszereknél, a legnagyobb forráspont–geofon távolságot növeljük. Hamar nyilvánvalóvá vált, hogy az oldalbeérkezések megnehezítik az értelmezést. A széles sávú mérési módszert is (wide line profiling) kipróbáltuk, de a mezőgazdasági károk miatt ezt elvetettük.

A szeizmikus rezgéskeltésnél fúrt lyukban végzett robbantást vagy vibrátorokat alkalmaztunk. Kísérleteket végeztünk robbanózsín alkalmazásával is, de a nagyobb mélységű kutatásoknál nem kaptunk elegendő energiát. A terepi méréseknél a rossz fúrhatóságú területeken a nem kellő robbantási mélység, valamint a tagolt topográfia okozott sok problémát. A kibúvások területek mellett a Rába folyó kavicssterasza és a kavicsos betelepülésekkel jellemezhető agyagos összletek jelentettek sok gondot, itt a GKV által kidolgozott üteve működő fúróberendezést sem sok sikerrel próbáltuk ki.

A fúrási teljesítmény a terepi mérések meghatározója volt.

A tagolt terepi felszín a reflexiós idők statikus javításánál okozott sok nehézséget. A szükséges sebességadatok gyorsan változtak, meghatározásuk nagyon nehéz volt. Ezt az első időszakban csak a felszín–fúrás közötti időmérésekre alapoztunk, majd folyamatos sekélyrefrakciós méréseket végeztünk.

#### **3.5.4. A terepi méréseknél használt szeizmikus műszerek**

Kezdetben az első alapszelvényméréseket az SzM–24+6 frekvenciamodulációs, mágneses regisztrálású műszerrel végeztük. 1972-ben már két műszer összekapcsolásával növeltük a csatornaszámot. A szeizmikus digitális regisztrálást 1973-ban kezdtük el az intézeti fejlesztésű, 21 sávós SDT–2 műszerrel, majd a műszerfejlesztés eredményeként később az SD–10, SD–12 műszerek alkalmazásával. A vibroszeiz méréseknél az SD–10, majd a DFS–V műszert használtunk CFS–1 és CS–25–02 korrelátorral.

#### **3.5.5. A szeizmikus mérések feldolgozása**

A szeizmikus mérések feldolgozásához használt programok és számítógépek az idők folyamán folyamatosan fejlődtek. A kezdeti szelvényfeldolgozásokat az SDC–1 minicentrumon végeztük. 1972-től az intézeti fejlesztésű, kezdetleges DSzK (Digitális Szeizmikus Kiértékelés) programrendszert a MINSzK–32 számítógépen futattuk. Nagy előrelépést jelentett később az R–35 számítógép és az SzCSz–3 programrendszer beszerzése. Ebben az időszakban szeizmikus feldolgozásra a folyamatos fejlesztés, tanulás volt a jellemző. Nagy szerepe volt ebben az automatikus statikus és dinamikus javítási eljárásoknak, a migráció különböző változatainak, valamint a többcsatornás korrelációs eljárásoknak is. A feldolgozás



fejlődésével a korábban elkészült szelvények már elavultak, ezért a szelvények újrafeldolgozását rendszeresen végeztük, sokszor nagyon látványos eredménnyel. A PROMAX és a hozzá tartozó programrendszer 1994. évi munkába állítása nagyon sok új lehetőséget nyitott.

### **3.5.6. A földtani alapszelvények keretében mért nem szeizmikus geofizikai mérések eredményeinek felhasználása**

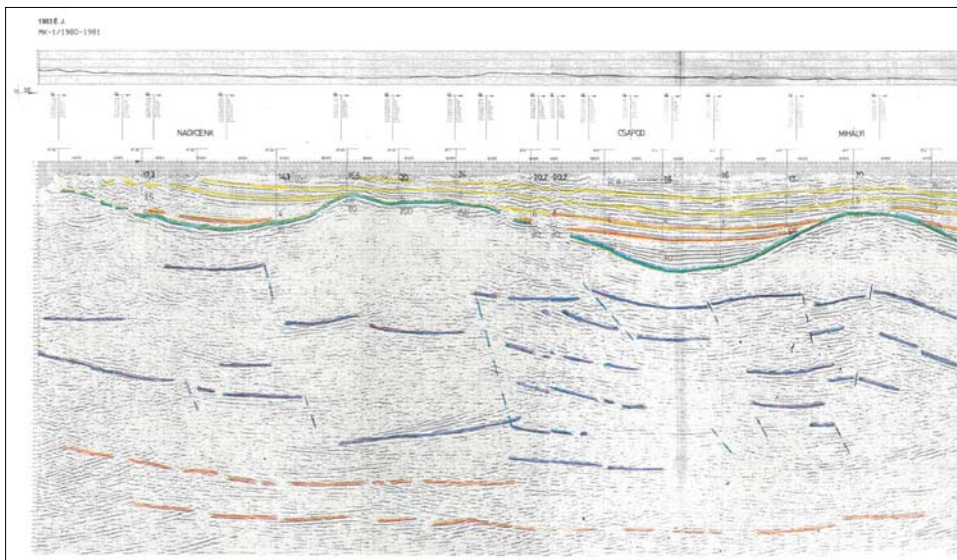
A földtani alapszelvényeket és geofizikai alapvonalakat magnetotellurikus és szeizmikus reflexiós módszerrel mértük. Esetenként kisebb volumenű gravitációs és tellurikus mérésre is sor került. A hálózatkiegészítő gravitációs mérések adatai időközben beépültek az egységes gravitációs adatbázisba. A gravitációs és tellurikus térképek segítségével sikerült megoldani az aljatkőzetek minősítését. A tellurikus méréseket jól megfontolt indoklások mellett *Nemesi László* javaslatára folytattuk, ő az ország tellurikus felmérését szorgalmazta minden lehetséges eszközzel (Nemesi, Varga 1986).

Diszlokációs övet jelző mágneses anomália önálló vizsgálatára Diósjenő térségében került sor. *Posgay Károly* korábbi földmágneses hatószámításaihoz viszonyítva a részletes mérések keskenyebb, közel függőleges hatót mutattak ki (Posgay 1967).

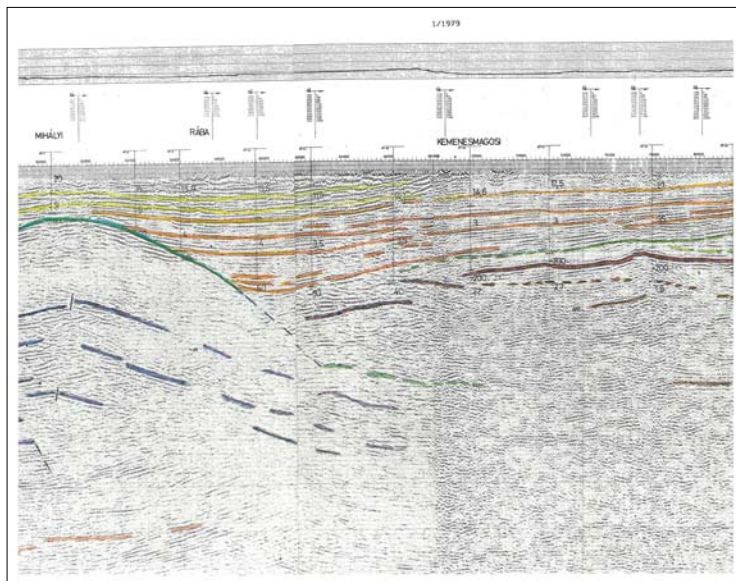
### **3.5.7. A földtani alapszelvények és geofizikai alapvonalak legfontosabb eredményei (az MT mérések 1D inverziójával)**

A magnetotellurikus szondázások kiértékelése a kezdeti időszakban 1D inverzióval történt. A harmadidőszaki kőzetek ellenállásának, vastagságának meghatározásánál általában megfelelő eredményeket kaptunk. Az  $E$  és  $H$  polarizáció figyelembevételével a szeizmikus szelvények adataival összhangban határoztuk meg a harmadidőszaki medence aljzatának mélységét és az aljzat ellenállását. Az elektromos ellenállás alapján határoztuk meg a különböző kőzetek változási helyét.

A magnetotellurikus szondázások jelentős pontjain, de elsősorban a Dunántúli vezetőképességi anomália területén az aljzaton belüli jól vezető képződményekre utaló szondázási görbéket kaptunk. Jól vezető képződményeket összefüggően mutattunk ki a Balaton-vonallal párhuzamos sávban, de az ország



3-19. ábra. MK-1/80–81 reflexiós időszelvény Nagycenk és a Mihályi maximum között



3-20. ábra. MK-1/79 szelvény a Mihályi maximum és a Dabrony-1 fúrás között

többi területén mért szelvényen is több helyen sikerült jelezni ezeket (Ráner 1973, 1974, 1975, 1978, Ráner, Pleszkáts 1977, Ráner, Kónya 1979 stb.).

Az alapszelvény program szép példája a Nagycenk–Csapod–Mihályi–Kemenesmagosi–Dabrony vonalában az MT szondázási eredmények feltüntetésével (MK-1/80-81, MK-1/79 szelvények).

A kutatások kiemelkedő eredménye volt a Rába–Hurbanovo (Ógyalla)–Diósjenő zóna lehatárolása a jól vezető képződmények elterjedése alapján. Ez az eredmény a Földtani alapszelvény, a Kisalföld és DANREG programok keretében jött létre (Nemesi et al. 2000).

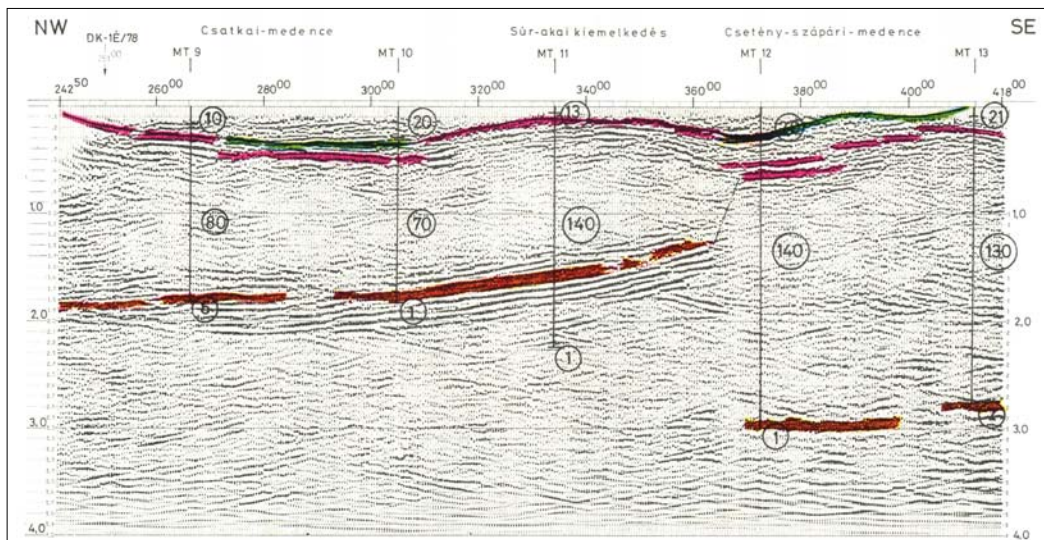
A harmadidőszaki üledékes összlet követése a szeizmikus szelvényekben az alkalmazott mérési paraméterek helyes alkalmazása révén sikerült. A kisebb üledékvastagságú területeken a nem túlságosan jó jelfelbontás miatt a tektonikai elemek nehezen ismerhetők fel.

Néhány, Észak-Magyarországon és a Balatontól D-re mért szelvény egyes szakaszain az *oligocén* képződményekből nehezen kaptunk reflexiós felületekről beérkezéseket, ennek tektonikai magyarázata is lehet. A *harmadidőszaki* medence aljzata szelvényeinken általában jól korrelálható. A kutatás fő céljaként megjelölt, medencealjzat felszíne alatti összlet kutatásának eredményei változóak. Vannak nagyon jó és szép eredmények, amelyeknél a *paleozoós–mezozoós* összletben jól követhető szinteket láthatók, másutt sokkal gyengébb a minőség.

Szelvényeinken a *Mohorovičić-diszkontinuitást* csak esetenként sikerült jól leképezni, pl. a Mecsek Ny-i részén és előtereiben (pl. a Gö-5/77 és MK-1/80 szelvény). Általában csak hosszabb-rövidebb beérkezéseket kaptunk. A Mohorovičić-diszkontinuitás felett, a kéreg alsó részében több szelvényünkön lemezes felépítésre utaló reflexiós beérkezéseket kaptunk. Érdekes, hogy néhány helyen ez a lemezes jelleg elég magasra emelkedik (pl. Seregélyes, Szentlőrinc stb.).

A Dunántúli-középhegységben, az MK-3 szelvényen kimutatott szeizmikus amplitúdó anomáliáját a hegység tengelyében hosszabb vonulatban sikerült igazolnunk (a közel 60 km hosszúságú szelvényt itt nem közöljük, lásd az 1982. Évi Jelentésben a 41. ábrát). Ezen a szelvényen 8,7 s-os földkéreg-kutatási tartományból, feltételezhetően a Mohorovičić-felületről, származó összefüggő reflexiós jelek jelennek meg.

Markáns amplitúdóanomáliát mutató jelenség látható a DK-1/d/78 szelvényben is. A jó energiájú szintek az elektromosan jól vezető képződmények felszínével esnek egybe. Földtani azonosításukra vonatkozó elképzelések széles vá-



3-21. ábra. DK-1/d/78 időszelvény. Markáns amplitúdóanomáliákat mutató reflexiós szelvény. A szelvény feltünteti a magnetotellurikus MT szondázási helyeket és bekarikázva az MT ellenállás értékeit

lasztéka alakult ki a grafitos-érces képződményektől a folyadékkal telített zúzott zónáig, az ópalaeozóos képződmények felszínétől a takaró síkig (Ádám 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, Ádám et al. 1986, 2004).

A szelvények értelmezése során elsősorban a reflexiós beérkezések kijelölésére törekedtünk, tektonikai jellegű kiértékelést csak óvatos fenntartással végeztünk. Bírálóink hiányolták a nagyszámú reflexiós jelcsoportban a meredek dőlésű jelenségeket. Az újabb vizsgálatok ugyan kimutatták, hogy a fizikai-kémiai bomlás hatására a mindenkorú felszínt követő fizikai zónák alakulnak ki, a nagyobb mélységben lezajló metamorfózis pedig az aktuális Mohorovičić-diszkontinuitáshoz hasonló felületeket hozhat létre. A szeizmikus amplitúdó-anomália vizsgálatára *P*- és *SH*-hullámokkal végeztünk kísérleteket.

### 3.5.8. A magnetotellurikus és szeizmikus mérések újrafeldolgozása

A kilencvenes évek második felében a terepi mérések erőteljes csökkenése miatt a korábbi mérési anyagok egységes újrafeldolgozása és értelmezése került

előtérbe. Ezek a munkák a Térképezési program keretében folytak. A földtani alapszelvények, geofizikai alapvonalak, regionális szelvények magnetotellurikus és szeizmikus anyagának feldolgozását Varga Géza és Madarasi András gondozta (Varga, Madarasi 2001, 2002). Elvégezték a magnetotellurikus szondázások 2D inverzióját. A szeizmikus szelvények újrafeldolgozásával R. Tátrai Marianna foglalkozott, és elkészítette a Dunántúli-középhegység mélyszerkezetének szintézisét (Redlerné Tátrai 1982, 1984, 1985, 1988). A radioaktív hulladékok elhelyezésére alkalmas terület kiválasztására a Mecsek környezetében nyert adatok regionális geofizikai feldolgozását is elvégeztük. A szeizmikus szelvények újrafeldolgozása Gúthy Tibor munkája (Redlerné Tátrai, Gúthy 1985).

### **3.5.9. A magnetotellurikus mérések újraértelmezése (1996–2003)**

A Geotools® kiértékelő programrendszer megvásárlásával 1996-ban nyílt lehetőségünk a 2D inverziós kiértékelés megkezdésére. Az 1997-ben induló Országos Magnetotellurikus Alaphálózat projekt legfontosabb céljának a 2D inverzióra alapozott kiértékelést és értelmezést tekintettük. A Geotools® programrendszerben az Occam és Smith–Booker RRI eljárásokat alkalmazhatjuk (ld. a 3.4. Litoszféra-kutatás c. fejezetben). Az új vizsgálati lehetőség birtokában a magnetotellurikus mérések újraértelmezését 1998-ban a dunántúli vezetőképességi anomália területén mért szelvények 2D inverziójával kezdtük. A területen a vezetőképességi anomália mélységi és szerkezeti viszonyai a kutatók között erősen vitatottak, amit a témával kapcsolatban megjelent számtalan cikk, tanulmány és okfejtés bizonyít.

A modellezés során két probléma adódott. Az inverziós programokkal csak akkor sikerült a mért görbék megközelítése, ha csak az egyik polarizációjú görbét használtuk. Az együttes inverzióval még jellegre sem sikerült megközelíteni a mért görbéket. A 2D inverziók sikere attól függött, hogy mennyire sikerült helyesen kiválasztani a csapás- és dőlésirányú (TE és TM módú vagy  $E$  és  $H$  polarizációs) görbéket. A  $H_z$  komponens szisztematikus vizsgálata alapján határoztuk meg a szerkezet csapás- és dőlésirányait, s minősítettük a görbéket.

1999-ben vásároltuk meg a WinGLink programrendszert, amellyel már az együttes inverzió is megvalósítható. A feldolgozást az új programrendszerrel újakezdtük. 1999–2000-ben 9 regionális szelvény inverzióját végeztük el. A 2D értelmezés lényegesen módosította a vezetőképességi anomáliáról az 1D inverzió alapján kialakított képet. A 2D inverzió megszüntette az anomáliát okozó kép-

zöldmények rétegjellegét, az anomália hatójaként néhány km széles, kis ellenállású sávot lehetett meghatározni. A mérések alapján a jól vezető anomália jó közelítéssel a Rába-vonalnál kezdődő, keskeny, 5–10 km szélességű sáv, amely meredek dőléssel a Dunántúli-középhegység alá süllyed.

Az újabb értelmezés szerint kisebb területeken (a Móri-ároknaál, pl. az MK-1/79 szelvényben, a Dabrony-1 fúrás környékén továbbra is a korábban jelzett 4–5 km mélységben találhatók jólvezető képződmények.

2001-ben és 2002-ben tovább folyt a regionális szelvények 2D inverziója. Sor került a Balaton–Velencei-tó vonalától D-re és a Mecsek térségében mért magnetotellurikus szelvények újrafeldolgozására is. A feldolgozások során külön gondot fordítottunk a magnetotellurikus ellenállás-eloszlások és a nagyszervezeti vonalak közötti kapcsolat vizsgálatára. A Rába-vonal mellett a Balaton-, a Kapos-, a Közép-magyarországi- és a Darnó-vonal vizsgálatát végeztük el. Bizonyítottunk tekinthető, hogy a tektonikai hatások az ellenállás szelvényeken megjelennek. A változások legszemléletesebb esete, amikor a szelvényeken meredek dőlésű jól vezető zónát sikerül kimutatnunk. Hasonlóak a fellazult zónákhoz kapcsolódó ellenállás-csökkenések. Jellemző helyek a nagy és kis ellenállású tömbök érintkezései.

A kisalföldi terület több magnetotellurikus szelvényének kétdimenziós újrafeldolgozása és egységes megjelenítése készült el azóta (*Madarasi András*, magnetotellurikus album). A szelvények mentén mágneses és gravitációs feldolgozások is történtek az Alapszelvények program keretében, ezek azonban az ELGI Évi Jelentések hiánya miatt csak belső jelentésben jelentek meg. A magnetotellurikus szondázások 2D inverziója sok új eredményt hozott. A kutatások azonban nem tekinthetők lezártnak. A következő előrelépés a 3D inverziótól várható.

A 3-22. ábrán a jól vezető képződmények felszínének mélységadatai láthatók a Dunántúli-középhegységben és a Balaton–Velencei-tó vonalától D-re az MT mérések szerint.

Azóta a kisalföldi terület több magnetotellurikus szelvényének kétdimenziós újrafeldolgozása és egységes megjelenítése készült el (*Madarasi András*, magnetotellurikus album). A szelvények mentén mágneses és gravitációs feldolgozások is történtek az Alapszelvények program keretében. Majd a feldolgozások a Dunántúlról átkerültek a K-i országrészbe (PGT-1, nyírségi szelvények: A18, Nyi-2, Nyi-4), és kisebb-nagyobb kihagyásokkal a mai napig folytatódnak. A feldolgozások az ELGI Évi Jelentés hiánya miatt csak belső jelentésekben találhatók meg.





### 3.5.10. A szeizmikus szelvények egységes újrafeldolgozása

Szlovákiában sikeresen végrehajtották a mélyszeizmikus szelvények egységes újrafeldolgozását és értelmezését (Vozár, Šantavý 1999), a feldolgozásban az ELGI is aktív részt vállalt, *Scholtz Péter* végezte és irányította a szelvények egy részének feldolgozását. Nagyon hasznos a hatalmas album tanulmányozása, több esetben a hazai alap- és regionális szelvényeken megfigyelhető szeizmikus képet láthatunk.

Nálunk is indokoltta vált hasonló elemzések végrehajtása. Magyarország áttekintő geofizikai vizsgálata keretében a Landmark értelmező rendszerben folyamatosan folyik a szeizmikus szelvények elhelyezése. A mérési anyagok számítógépre vitelével egyidejűleg megkezdjük a korábbi anyagok korszerű értelmezését. A Kisalföld és a DANREG program keretében végzett értelmezés továbbviteleként *R. Tátrai Marianna* doktori értekezése keretében dolgozta fel a területen mért földtani alapszelvényeket és kisalföldi regionális vonalakat (Redlerné Tátrai 2003, Kiss, Varga 2003). Egy másik, szintén nagy volumenű elemzésben az üveghutai kutatásokhoz kapcsolódva a Mecsekben és környékén végzett szeizmikus mérések regionális elemzését végezte el. Ebben az anyagban szintén több alapszelvény feldolgozása és értelmezése található. Mindkét munka 2003-ban fejeződött be.

Hasonló a helyzet a mecseki kutatásokkal is. A nagy aktivitású hulladékok elhelyezésével a Mecsek környéki regionális kutatások folytatódnak, újabb szelvények értékelése várható. A tervezett tároló vizsgálatánál kiemelt kérdés a többszázezer éves stabilitás kérdése, amihez a kéreg vizsgálata alapvető. A jól kifejlődött Mohorovičić-diszkontinuitás a terület földtani stabilitását mutatja.

A kutatási jelentésekben az eredmények már mélység-szelvényeken láthatóak tektonikai elemzéssel. A korábbi anyagokat csak részben sikerült az eredeti terepi felvételektől kiindulva feldolgozni. A Dunántúli-középhegység mélyszerkezeti felépítésének keretében a korábbiakhoz viszonyítva lényeges előrelépésekre került sor a szelvényeken.

Az üledékes összlet vizsgálatánál a miocén és pannon képződményeket sikerült elkülöníteni. A harmadidőszaki képződmények aljzatában a kelet-alpi takarórendszer, valamint az újpaleozoós és mezozoós összletek elemeinek meghatározása tanulmányozható a szelvényeken. A kéreg mélyebb zónáinak vizsgálatánál a Mohorovičić-diszkontinuitás, a reflektív alsó kéreg, a transzpa-



rens felső kéreg, a tektonikai síkokkal jellemezhető egységek szisztematikus korrelációja történt meg. A tektonikai síkok elvégződése az elemzés szerint megegyeznek a képlékeny zóna tetejével.

Külön elemzésben került sor a szeizmikus amplitúdóanomáliák területi vizsgálatára, a gravitációs és mágneses hatók szeizmikus szelvényen való megjelenésével. A tektonikai zónák sajátosságainak vizsgálatánál a takarós, pikkelyes szerkezeti elemek, valamint a Rába-zóna, Balaton-vonal került előtérbe.

A Rába-vonalhoz tartozó mozgási felület a Mohorovičić-diszkontinuitásig feltételezhető. A korábbi elemzéseket továbbfejlesztő elemzés, a rendelkezésre álló alapadatok alapján a terület vizsgálatának egyik fontos fázisát jelenti.

### 3.5.11. Földrengés-veszélyeztetettség

A földrengések forrásterületeinek vizsgálata a hazai kutatások visszatérő kérdése. A döntő változást ezen a területen a Paksi Atomerőmű Rt. által létrehozott, a GeoRisk Kft. működtetésében lévő Mikroszeizmikus Megfigyelő Hálózat jelentette. Az események számának növekedése, a hipocentrumok pontosabb meghatározása tette lehetővé, hogy rendszeresen vizsgáljuk a geofizikai módszerekkel meghatározható szerkezeti zónák és geofizikai tömbök közötti kapcsolatot.

Ilyen jellegű vizsgálatokat a gravitáció és a földmágnesség területén Szabó Zoltán és Kovácsvölgyi Sándor, a tellurikus és magnetotellurikus anomáliákkal kapcsolatban Madarasi András és Varga Géza végzett. A szeizmikus alapszelvényeket és alapvonalakat Csabafi Róbert és R. Tátrai Marianna vizsgálta. Megállapításaik szerint a geofizikailag kimutatható zónákhoz földrengések is kapcsolódnak (Rába-vonal, Diósjenői diszlokációs öv, Kapos-vonal stb.). R. Tátrai Marianna vizsgálatai szerint a szeizmikus szelvényeken felismerhető a rideg és képlékeny kéreg elválasztó zónája, ami meghatározó a hazai földrengések mélységének eloszlása szempontjából. További külön vizsgálatot érdemelnek a magnetotellurikus szelvényeken kimutatott nagyellenállású tömbök határzónái.

#### Irodalom

- Lendvai et al.: Komplex geofizikai kutatás Recsk és Parád környékén. 1968 ELGI Évi jelentés, pp. 54–57
- Kakas et al.: Komplex geofizikai kutatás a Dunántúli-középhegységben. 1969 ELGI Évi jelentés, pp. 25–40
- Kakas et al.: Komplex geofizikai kutatás a Dunántúli-középhegységben. 1970 ELGI Évi jelentés, pp. 15–28

- Ádám A. (1981): Jelentés az 1981. évi magnetotellurikus kutatásokról az MK-3/77É, MK-3/77D, DK-1D és DK-1É földtani alapszelvények mentén. MTA GGKI, ELGI (MGSz-nél), U-385
- Ádám A. (1982): Jelentés az 1982. évi magnetotellurikus kutatásokról a DKH-1 és DKH-2 földtani szelvények mentén. MTA GGKI, ELGI (MGSz-nél)
- Ádám A. (1983): Jelentés az 1983. évi nagymélységű magnetotellurikus kutatásokról az MK-1 földtani alapszelvény mentén. MTA GGKI, ELGI (MGSz-nél), U-398
- Ádám A. (1984): Jelentés az 1984. évi nagy mélységű magnetotellurikus kutatásokról a II-II geotraverz mentén a Nagyalföldön és az ÉK-6 reflexiós vonal mentén É-Magyarországon a Zagyva-árokban. MTA GGKI, ELGI (MGSz-nél), AD
- Ádám A. (1985): Electric conductivity increases in the Earth's Crust in Transdanubia (W-Hungary), *Acta Geod. Geoph. et Mont.* 20, 173–182
- Ádám A., Nagy Z., Nemesi L., Takács E. (2004): A hazai geoelektromos kutatások története I. A geoelektromos műszer- és módszerfejlesztés eredményei. *Magyar Geofizika* 45, Jubileumi különszám, 22–37
- Ádám A., Varga G. (1986): Jelentés a Mór környékén végzett hálózatos magnetotellurikus mérésekről. Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Függelék: Kiegészítő magnetotellurikus mérések a Zagyva-árokban, ELGI (MGSz-nél), AD.620, SzÁF-555, (MK-3, Mór-Balinka-Fehérvárcsurgó-Magyaralmás-Csákberény; ÉK-6, Szirák-Palotás-Apc)
- Ádám O., Haas J., Nemesi L., Redlerné Tátrai M., Ráner G., Varga G. (1984): 1.4 Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. 1.4.1 Az MK-1 vonalonvégzett magnetotellurikus és szeizmikus mérések eredményei. 1.4.2 Tellurikus mérések eredményei a Kisalföld K-I medencéjében és a Dunántúli-középhegység ÉNy-i peremén. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1983. évi jelentése, pp. 37–44
- Draskovits P., Hegedűs E., Kónya A., Kummer I., Nemesi L., Ráner G., Varga G. (1978): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. (MK-3/77, Mezőörs-Mór-Székesfehérvár; MTS mérések az MK-2 vonalon, Igali-maximum-Mecsek). A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1977. évi jelentése, pp. 42–47
- Draskovits P., Nemesi L., Varga G. (1978): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata I. Magnetotellurikus mérések az MK-2 szeizmikus szelvényen. 1977. évi jelentés (Dombóvár), Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, ELGI (MGSz-nél), E-138
- Kiss J., Varga G. (2003): Kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok tervezett üveghutai tárolójával kapcsolatos, ELGI által 2002-ben végzett geofizikai munkálatok. Gravitációs-földmágneses és magnetotellurikus modellezés. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Térképezési Főosztály
- Madarasi A., Varga G. (2002): Jelentés a Térképezési program Magnetotellurikus és tellurikus adatbázisok és paramétertérképek témában 2002-ben végzett munkáról. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Térképezési Főosztály

- Nemesi L., Varga G. (1986): Jelentés a Zagyva-árokban és a Mátrában végzett 1985. évi tellurikus és magnetotellurikus mérésekről. ELGI (MGSz-nél)
- Nemesi L. (szerk.), Šefera J., Varga G., Kovácsvölgyi S. (2000): Results of deep geophysical survey, In: Császár G. (szerkesztő) 2000: Danube Region Environmental Programme DANREG – Explanatory Notes, Jahrbuch der Geologischen
- Posgay K. (1967): A magyarországi földmágneses hatók áttekintő vizsgálata. Geofizikai Közlemények 16, 4
- Ráner G. (1972): Jelentés a Magyar Középhegység előtereiben, ill. földtani alapszelvényeken 1971-ben végzett geofizikai kutatásról (Dabrony–Devecser), ELGI (MGSz-nél), Sz–142, (MK–1/71)
- Ráner G. (1973): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata (Dabrony–Devecser–Halimba; Pétervására–Fedémes). 1972. évi jelentés, ELGI (MGSz-nél), Sz–144, (1972. évi mérések; MK–1/71, MK–1/72; ÉK–1/71)
- Ráner G. (1974): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata 1973-ban a Dunántúli Középhegységtől D-re (Balatonöszöd–Karád–Igal), ELGI (MGSz-nél), Sz–145, (MK–2/73)
- Ráner G. (1975): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata (1974. évi működési jelentés) (Dunántúli Középhegység, Kapolcs, Igal). ELGI (MGSz-nél), Sz–158, U–229
- Ráner G. (1978): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata II. Szeizmikus módszertani vizsgálatok a Dunántúli Középhegységben (Mezőörs–Mór–Székesfehérvár). ELGI (MGSz-nél), Sz–178
- Ráner G. (1980): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Programtervezet. ELGI (MGSz-nél), ET–33
- Ráner G. (1980): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata II. Szeizmikus reflexiós mérések a Mecsek hegység DK-i előterében (1979. évi jelentés). ELGI (MGSz-nél), Kx–120/2
- Ráner G. (1980): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata III. Szeizmikus reflexiós mérések a Kisalföldön (Rába vonal) (1979. évi jelentés) (Mecsek hegység). ELGI (MGSz-nél), Kx–120/3
- Ráner G. (1981): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Szeizmikus mérések a Mecsek hegység DK-i előterében. Az MV–1/79 vonal 9700–17800 (nem egyenes vonalú) szakaszának feldolgozása. ELGI (MGSz-nél), Sz–220
- Ráner G. (1982): Jelentés az MK–2/73 és MK–2/76 szelvények újrafeldolgozásáról (Balatonöszöd–Igal). ELGI (MGSz-nél)
- Ráner G. (1983): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Jelentés az MK–3/77 reflexiós szelvény újrafeldolgozásáról, ELGI (MGSz-nél), Sz–274
- Ráner G. (1983): Jelentés az MK–5/76 szelvény újrafeldolgozásáról (Ságvár–Tamási). ELGI (MGSz-nél)

- Redlerné Tátrai M. (1982): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Jelentés az MK-7/81 vonalon végzett szeizmikus mérésekről (Tolnanémedi-Szekszárd). ELGI (MGSz-nél), Sz-240
- Redlerné Tátrai M. (1985): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Jelentés az MK-2/78 és MK-2a/78 szeizmikus szelvény újrafeldolgozásáról (Nagyberki-Sásd-Magyarhertelend). ELGI (MGSz-nél), AD.506
- Redlerné Tátrai M. (1984): Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata. Jelentés az 1983. évi szeizmikus mérésekről az ÉK-6 vonalon (Szirák, Hatvan) (Dunántúli-középhegység, Kisbér, Mór, Székesfehérvár). ELGI (MGSz-nél), AD.455
- Redlerné Tátrai M. (1988): Geofizikai alapvonalak. Előzetes jelentés az ÉK-10/87 vonal mentén végzett szeizmikus mérésekről (Sajó-Szuha-völgye, Aggteleki-hegység, Ózd, Putnok). ELGI (MGSz-nél), AD. 817
- Redlerné Tátrai M. (1988): Geofizikai alapvonalak. Előzetes jelentés az ÉK-10/88 és az ÉK-2/88 vonal mentén végzett szeizmikus mérésekről (Szuhafő, Zádorfalva, Felsőnyárad, Kurittván, Szuhakálló, Mucsony, Sajószentpéter, Sajóvamos; Zabar, Istenmezeje, Pétervására). ELGI (MGSz-nél), U-370
- Redlerné Tátrai M. (2003): Dunántúli-középhegység mélyszerkezeti felépítésének szintézise. Doktori értekezés, Eötvös Loránd Geofizikai Intézet könyvtára
- Varga G. (1975): Jelentés az Észak-Magyarországon és a Dunántúli-középhegységben végzett magnetotellurikus és EMT mérésekről. ELGI (MGSz-nél)
- Varga G., Madarasi A. (2001): Jelentés a Térképezési program Magnetotellurikus és Tellurikus adatbázisok és paraméterterképek témában 2001-ben végzett munkákról. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Térképezési Főosztály
- Vozár J., Šantavý J. (szerk.) (1999): Atlas of Deep Reflection Seismic Profiles of the Western Carpathians and their Interpretation. Ministry of Environment of Slovak Republic, Geological Survey of Slovak Republic, Geocomplex a.s. Bratislava

### **3.6. Passzív szeizmikus (szeizmológiai) kutatások**

*Kovács Attila Csaba, Bodoky Tamás, Hegedűs Endre, Török István*

#### **3.6.1. Bevezetés**

A nagy aktív forrású (robbantásos) litoszféra-kutató programok során felgyűlt tapasztalatot és kifejlesztett műszerezettséget 2004-től a programok során kialakult nemzetközi kutatóközösség egy új kutatási koncepció szerint kezdte alkalmazni. Aktív források, azaz ismert paraméterű robbantások helyett a Föld természetes szeizmikus jeleit, vagyis a földrengéseket kívánták forrásként hasz-

nálni. Ez a kutatások költségeinek csökkentése mellett azonban alapvetően más mérési módszerek és más feldolgozási eljárások kifejlesztését és alkalmazását kívánta meg. Nagy, jól szervezett nemzetközi terepi kampányok során hosszú, több hónapos, több éves folyamatos megfigyelésre és nemzetközi összefogással végzett adatfeldolgozásra és értelmezésre volt szükség.

### **3.6.2. A Danube 2004 program**

#### **3.6.2.1. A mikroszeizmikus monitoringhálózat telepítése**

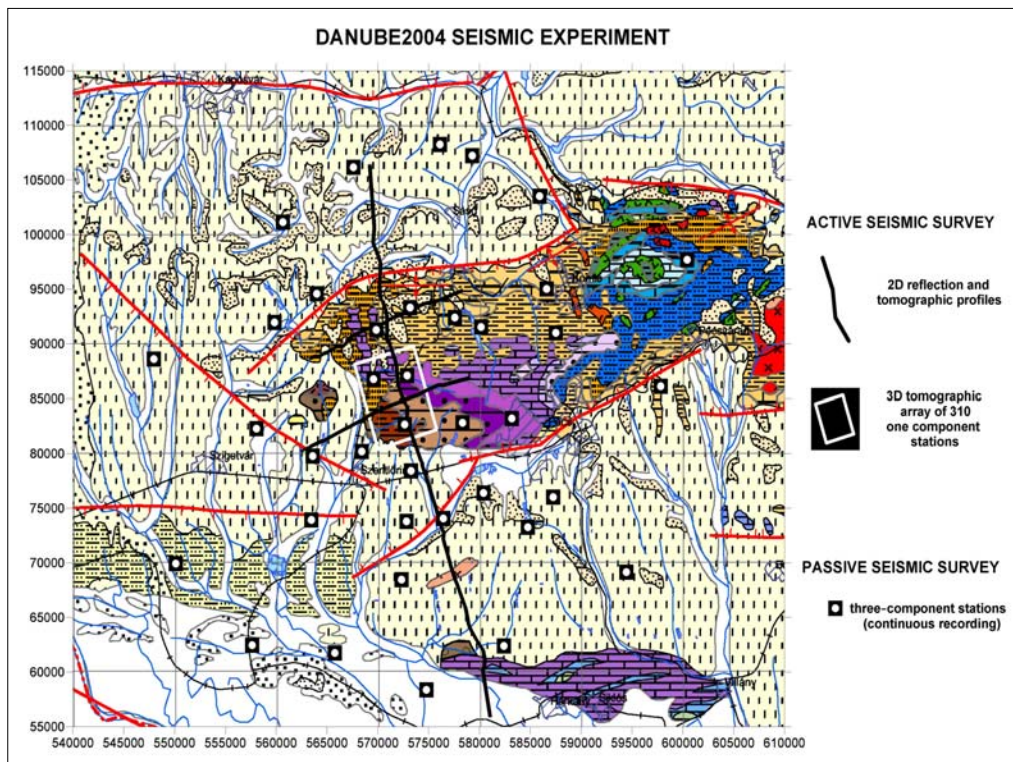
Egy szeizmotektonikai monitoringhálózat állomásain észlelt kis energiájú szeizmikus jelek, ún. emissziók regisztrálásával és értékelésével ismerhetők meg a hálózat által lefedett területen és annak közvetlen környezetében bekövetkező köztetfeszültség-változások, illetve tektonikai mozgások. Nemzetközi tapasztalatok szerint a szeizmotektonikai vizsgálatoknál, a hipocentrum meghatározásához szükséges pontosság érdekében, a lehetőleg alacsony zajszintű állomások területi sűrűségét kell megfelelően megválasztani, ami akár 30 db, egymástól 3–10 km-re lévő mérőhely telepítését is jelentheti.

2004 nyarától 30 db egyedi, 3 komponenses, folyamatos regisztrálású szeizmológiai műszert telepítettünk és üzemeltettünk Dél-Magyarországon, a Mecsek térségében. A műszerek telepítését gondos előkészítés után lehetőleg zaj- (és eltulajdonítás-) mentes helyeken végeztük, ügyelve arra, hogy a kutatási területen a műszerek nagyjából egyenletesen legyenek elosztva. Az állomások folyamatosan regisztrálták belső memóriájukba a szeizmicitást. A memória méretétől függően néhány hetente megtörtént a regisztrált jelek kiolvasása. Az egyes állomások időszinkronját az állomáshoz tartozó GPS biztosította.

#### **3.6.2.2. A hálózat kalibrálása robbantások segítségével**

Egy mikroszeizmikus monitoringhálózat működését a legbiztosabban olyan szeizmikus események segítségével ellenőrizhetjük, amelyeknek paramétereit, kipattanási idejüket és hipocentrumukat (helyüket) pontosan ismerjük. Ilyen ismert paraméterű forrásként általában robbantásokat lehet felhasználni.

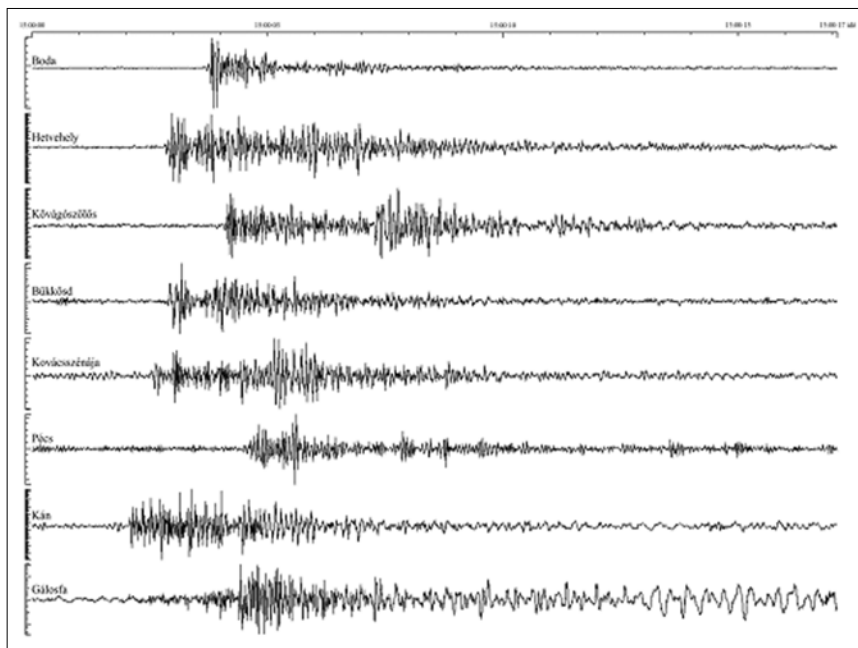
2004 nyarán a monitoringrendszer telepítésével egyidejűleg végzett az ELGI aktív (robbantás és vibrátor) forrású szeizmikus kutatást is a Mecsekben és



3-23. ábra. A mecseki szeizmikus reflexiós mérések és az ELGI mecseki mikroszeizmikus megfigyelőhálózatának helyszínrajza a Mecsek földtani térképén

környezetében, továbbá ekkor történtek a 3D szeizmikus tomográfiás mérések is (Kovács 2006). Ekkor a telepítés alatt álló monitoringhálózatnak még csak néhány állomása üzemelt, így a mért adatokkal nem lehetett a teljes hálózat működését értékelni.

Később, 2004 augusztus közepén végezte az ELGI a Me-104-es vonal menti nagy mélységű szeizmikus méréseit (Kovács 2005). A Mecsek hegységtől délre ekkor végzett robbantások felhasználása már lehetséges volt, mert már a monitoringhálózatnak már majdnem minden állomása működött. A szeizmikus mérések 12 robbantását használtuk fel vizsgálatainkhoz. A vizsgált 12 robbantás mindegyikét 15–25 m-es mély fúrólyukban elhelyezett, egyenként 15–50 kg TNT töltettel hajtották végre.



3-24. ábra. Az ábra egy robbantás szeizmikus jelének vertikális komponensét mutatja be több állomás regisztrátumán

Egy földrengés epicentruma elvileg már 3 állomás adataiból is meghatározható, ha pontosan bejelölhető mindegyiken mind a P-, mind az S-hullám beérkezési ideje. Ezekből kiszámítható az egyes állomások távolsága a hipocentrumtól a sebességtér ismeretében. A mindenütt jelenlévő talajnyugtalanág miatt ez azonban csak a nagy energiájú berkezőések esetén működik, a monitoringhálózat célja pedig éppen a kis energiájú események detektálása és kipattanási helyüknek meghatározása, így itt a helymeghatározás hibáját leginkább a jó minőségű észlelőállomások számának növelésével csökkenthetjük. Tapasztalataink szerint regionális rengéseknel 5-6 állomás észlelési adataiból már elég megbízható eredményt kaphatunk. Mikrorengések esetén 15 km-en belüli, 3-4 észlelési hely adatai is elegendőek lehetnek az epicentrum meghatározásához, ha a forrás helyét körbeveszik az állomások.

A hipocentrum meghatározásához a világon legelterjedtebb Hypo program továbbfejlesztett változatát, a Hypoellipse programot használtuk. A számí-

tások során 7 réteges, horizontálisan homogén sebességmodellt adtunk meg, melyet a vizsgált terület központi részén áthaladó Me-104 szeizmikus reflexiós vonal mélytomográfiás feldolgozása során kaptunk. Az egyes állomásokra külön-külön állandó időeltolásokat (bias) alkalmazunk, mert a területen jelentős mind a szeizmikus hullámterjedési sebességek horizontális, mind a topográfiai szintkülönbségek vertikális változása. Az ezekből adódó beérkezési-idő-eltéréseket a helymeghatározás előtt korrigálni kell. Az egyes állomások korrekciós értékeit az állomáshoz közel eső szeizmikus szelvények sebességadataiból, illetve ismert helyű források beérkezési idejének vizsgálatából számoltuk ki.

12 robbantás valós és a mérések alapján számított helyének eltéréseiből azt láttuk, hogy az epicentrum meghatározások átlaghibája 240 m, és a nagyobb hibák is 0,5 km-en belül maradnak. Ezt igen jó eredménynek tekintettük.

### 3.6.2.3. Mikroszeizmikus események

A kalibrációs időszak tapasztalatai alapján megállapítható, hogy a kis energiájú (15–50 kg TNT) 15–25 m-es mély fúrt lyukakban végzett robbantásokat is detektálni tudtuk, az epicentrum néhány száz méteres meghatározási pontossága mellett.

A földrengések hazai gyakoriságát, illetve más, hasonló geológiai adottságú területek adatait figyelembe véve, évente körülbelül 10–100 kisméretű szeizmikus esemény észlelésére van esély az  $M = 0,5\text{--}1,0$  magnitúdóküszöb felett. Az általunk vizsgált 3 hónapos időszakban, szigorú kritériumok szerint értékelve 6 olyan eseményt detektáltunk, amelyet egyetlen más szeizmológiai hálózat sem jelzett. Az események száma illeszkedik a területen várható szeizmikus események várható gyakoriságának nagyságrendjéhez. Az ilyen események detektálására (automatikus megtalálására az óriási adattömegben) saját programot fejlesztettünk, ennek segítségével „találtuk meg” a sokszor nagyon zajos regisztrátumokban az eseményeket.

A 3-1. táblázatban foglaltuk össze a hat említett mikroszeizmikus esemény fontosabb adatait.

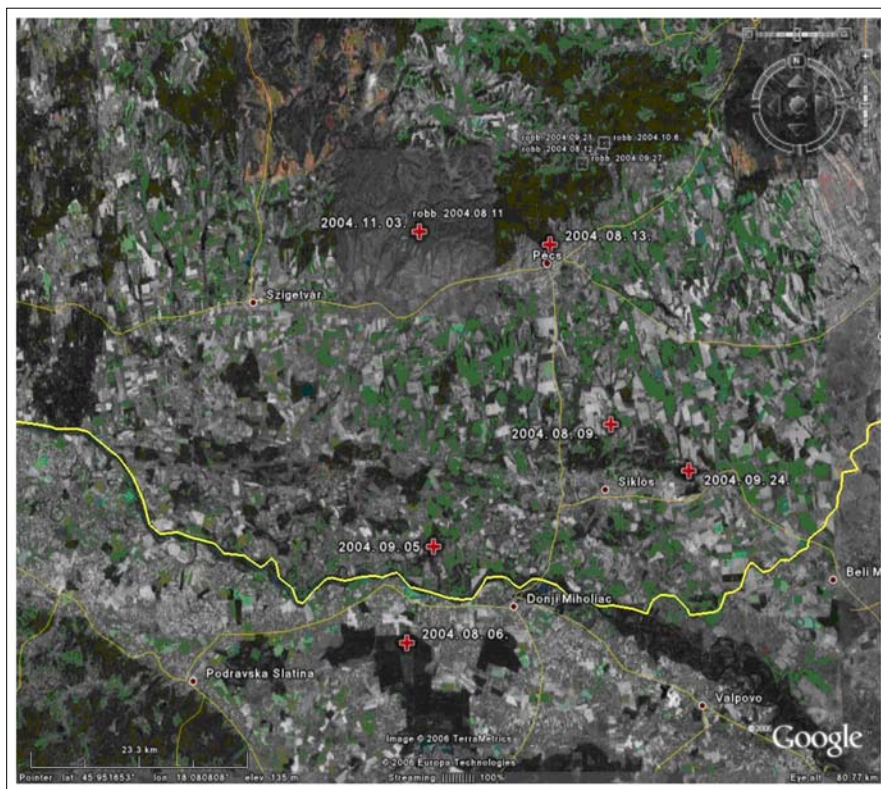
3-1. táblázat. A mások által nem észlelt mikroszeizmikus emissziók fontosabb adatainak összefoglaló táblázata

Dátum	Óra:perc	Másod- perc	Széles- ség	Hosszú- ság	Mélység [km]	rms [s]	Gap	Fázisok száma
2004.08.06	19:49	14,30	45,7288	18,0117	2,45	0,14	316	14
2004.08.09	0:02	32,54	45,924	18,3061	6,34	0,08	289	6

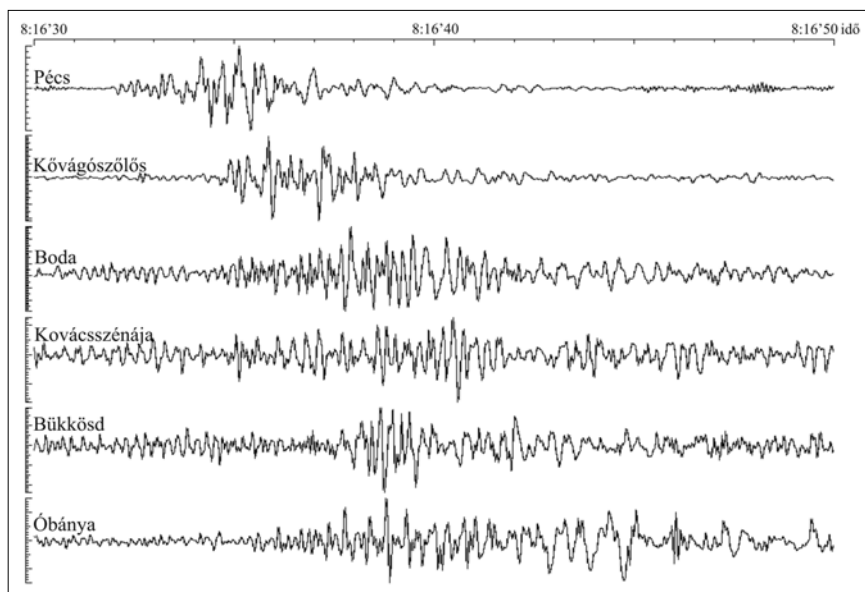


Dátum	Óra:perc	Másod- perc	Széles- ség	Hosszú- ság	Mélység [km]	rms [s]	Gap	Fázisok száma
2004.08.13	8:16	31,40	46,0922	18,2307	1,98	0,24	231	12
2004.09.05	0:03	56,43	45,8171	18,0534	3,27	0,14	316	21
2004.09.24	9:21	14,69	45,8775	18,4121	1,88	0,24	280	22
2004.11.03	20:36	26,13	46,1092	18,0495	0,53	0,12	183	5

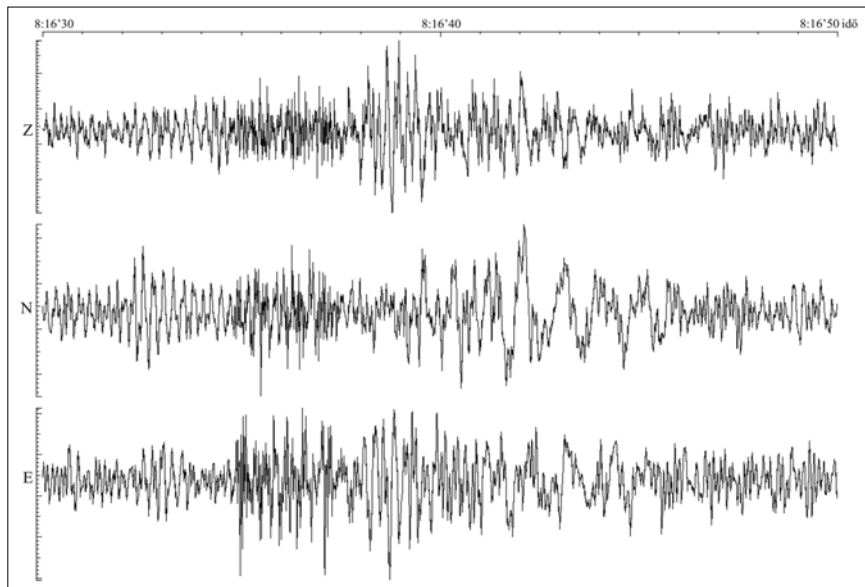
A hálózat működésének demonstrálásához olyan eseményt válogattunk, amely egyik ismert földrengés katalógusban sem jelenik meg, ami azt jelenti, hogy egyetlen más szeizmológiai rendszer sem észlelte (EMSC, Georisk, USGS Earthquake Hazard Program, ZAMG).



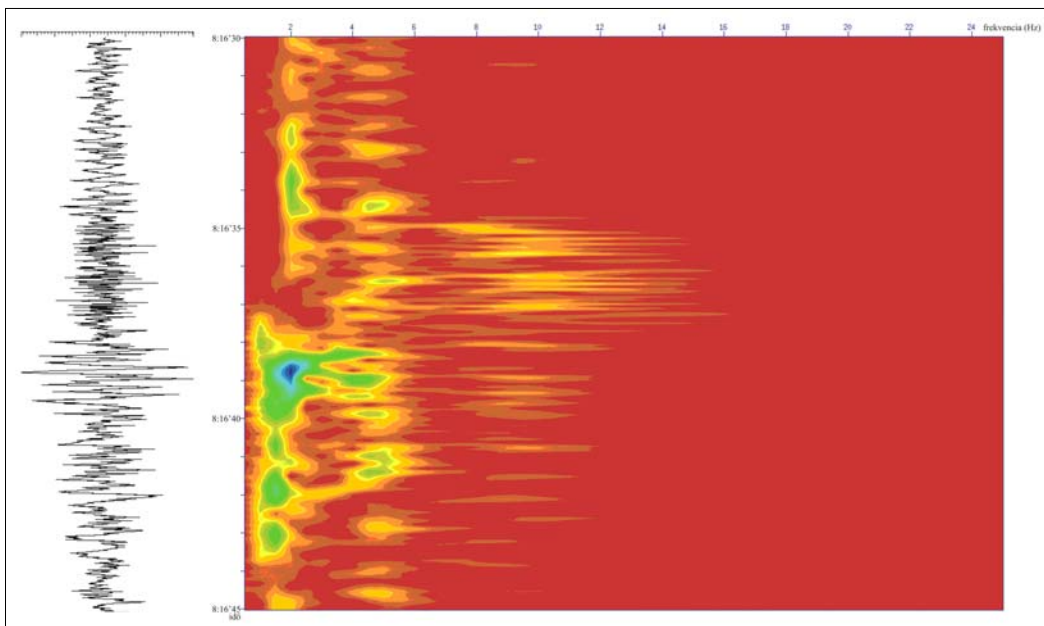
3-25. ábra. A 3-1. táblázatban szereplő szeizmikus események epicentrumai



3-26. ábra. A 2004.08.13-i esemény több állomáson észlelt Z-komponensei



3-27. ábra. A 2004.08.13-i esemény mindhárom komponense a bükkösi állomáson



3-28. ábra. A 2004.08.13-i esemény bükkösi állomáson regisztrált Z-komponense és annak wavelettranszformáltja

*A 2004.08.13-i esemény.* A 2004.08.13-án 8:16:31,4-kor (UTC) kipattant rengés regisztrátumain mutatjuk be néhány állomás felvételeinek Z-komponenseit, valamint a wavelettranszformáció alkalmazását a bükkösi állomáson. Felhívjuk itt a figyelmet arra, hogy a szeizmikus beérkezés eleje (P-hullám) lényegesen magasabb frekvenciákkal, a vége (felületi hullámok) alacsonyabb frekvenciákkal jelentkezik, mint a környezeti zaj. Így a spektrum segítségével akár magas környezeti zaj ellenére is egyértelműen kijelölhetők a különböző fázisok. Végül itt is a rengésnek a regisztrátumok alapján meghatározott epicentruma a korábbi, az epicentrumokat együttesen bemutató 3-26. ábrán található meg.

### 3.6.2.3. A hálózat továbbfejlesztése

A 2006 tavaszán nemzetközi együttműködésben megvalósított regionális passzív monitoringrendszer jól kiegészíti, illetve 47 állomásra bővíti a korábbi szeiz-

motektonikai monitoringhálózatot. Ennek a rendszernek két állomása is a Bodai Aleurit Formáció szeizmotektonikai monitoring területére esik, ezek a 67-es görcsönyi és 68-as kistótvárosi állomások. Kelet-Szlavóniában, illetve Nyugat-Vajdaságban további 3-3 állomás működik, amelyek délről és keletről növelik meg a lokális szeizmotektonikai rendszer megbízhatóságát.

Az eddig meghatározott események még nem elegendőek tektonikai következtetések levonására, de az epicentrumok helyei illeszthetők a korábbi szeizmológiai, illetve földtani meggondolások alapján feltételezett – környezetükhöz képest aktívabb – zónákhoz, területekhez. A minimum 3–5 éves észlelési időszak után – az ismertetett pontossági és érzékenységi küszöb esetén – már megalapozott következtetéseket vonhatunk majd le a terület recens tektonikai aktivitásáról.

## **Irodalom**

Bodoky T., Kovács A. Cs. (2004): Előzetes kutatási jelentés a szeizmotektonikai vizsgálatokhoz szükséges állomáshálózat üzemeltetéséről. Kutatási Jelentés, OBFH Adattár EMSC (European-Mediterranean Seismological Center), <http://www.emsc-csem.org>  
Georisk Földrengéskutató Intézet Kft., <http://www.georisk.hu>, <http://www.foldrenges.hu>  
Kovács A. Cs. (2005): A Me-104 szeizmikus szelvény nagy mélységű sebességtomográfiás feldolgozása. Kutatási Jelentés, OBFH Adattár  
Kovács A. Cs. (2006): Átnézetes 3D szeizmikus tomográfiás mérések. Kutatási Jelentés, OBFH Adattár  
USGS Earthquake Hazard Program, <http://earthquake.usgs.gov>  
ZAMG (Central Institute for Meteorology and Geodynamics, Austria), <http://www.zamg.ac.at>

### **3.6.3. ALPASS, ALPASS-DIPS passzív szeizmikus program**

2005-ben horvát, magyar, osztrák és kanadai együttműködésben indult el az ALPASS-DIPS (ALPASS Dinariden – Pannonian Section) passzív szeizmikus mérés. Az első 5 állomást, az ELGI saját fejlesztésű ELGI-DAS adatgyűjtőit 2005. november elején telepítettük Horvátországban a Zágrábi Egyetem Geofizikai Tanszékével együtt. A többi műszer telepítését a zágrábiak már önállóan végezték el.

15 állomáson ELGI-fejlesztésű adatgyűjtők voltak, kanadai 2 Hz-es, 3 komponenses Mark L4-es szenzorokkal. Ezek az eszközök 50 sps (50 sample-per-secondum = 20 ms-os) mintavétellel dolgoznak. A 16. állomás az angol–magyar együttműködésben futó CBP (Carpathian Basin Project) program egyik alap-

állomása volt, ezért ott Nanometrics Taurus adatgyűjtő található Guralp CMG3T, 120 s-os szenzorral. Az állomások üzemeltetését a zágrábi kollégák végezték.

A mérés helyszínrajzát a 3-29. ábrán mutatjuk be.

A műszerek adatait interneten keresztül kaptuk/kapjuk meg Horvátországból. Az adatok konverzióját PASSCAL-SEGy formátumra Magyarországon végeztük el. A konvertált adatokat mind a Zágrábi Egyetemnek, mind a teljes ALPASS programot koordináló Bécsi Műszaki Egyetemnek továbbítottuk és archiváltuk.



3-29. ábra. Az ALPASS-DIPS mérés helyszínrajza



A több mint másfél éves folyamatos terepi adatgyűjtést 2007. május végén az együttműködők megállapodásának megfelelően befejeztük.

#### **3.6.4. A PASSEQ passzív szeizmikus program**

A 2005. évben kezdődött el a TESZ (Trans-European Suture Zone) passzív szeizmikus kutatásának tervezése. Ez a mérés szervesen kapcsolódik a Közép- és Kelet-Európában végzett aktív forrású mélyszeizmikus kutatásokhoz (CELEBRATION 2000, VRANCEA 2001, ALP 2002, SUDETS 2003 stb.), amelyeket korábban tárgyaltunk a 3.4. szakaszban. A mérés célja a litoszféra struktúrájának megismerése és a litoszféra–asztenoszféra határának vizsgálata volt. A kutatás a PASSEQ nevet kapta, és a 2006–2007-es években valósult meg.

2006. február 16–17-én Varsóban véglegesítették a mérésben részt vevő országok a műszerfelajánlásait és a mérés egyéb paramétereit. A részt vevő országok a következők voltak: Lengyelország, Ausztria, Dánia, USA, Németország, Finnország, Anglia, Litvánia, Csehország és végül, de nem utolsósorban Magyarország.

2006 nyarán kezdődött meg a szeizmológiai műszerek telepítése. Az ELGI által biztosított 7 db, saját tulajdonú RefTek 130-as adatgyűjtőt és 1 db RefTek 72/A adatgyűjtőt 2006. június végén telepítettük Litvániában. A munkát a Litván Geológiai Szolgálattal, a Helsinki és az Oului Egyetemmel együttműködve végeztük el. Az állomásokat a finn kollégák segítségével a Litván Geológiai Szolgálat munkatársai üzemeltették.

Az ELGI műszerei 2007 októberében érkeztek vissza Litvániából. Ezzel a ELGI szerepe a PASSEQ program mérési részében lezárult. 2008-ban kezdődött meg az adatok értékelése.

2008 elején Varsóban elvégeztük a Litvániában regisztrált adatok konvertálását. Az adatokat a Oului Egyetemtől kaptuk meg, és Mini-Seed formátumra való konvertálás után átadtuk a teljes PASSEQ adatrendszert kezelő Geoforschungszentrum Potsdamnak.

#### **3.6.5. A CBP-RBB (Carpathian Basins Project, Regional Broad Band) és CBP-HST (Carpathian Basins Project, High-resolution Seismic Tomography) passzív szeizmikus programok**

A Brit Nemzeti Alapkutatói Központ (NERC) támogatásával 2005-ben indult a CBP-RBB (Carpathian Basins Project, Regional Broad Band) passzív szeizmikus

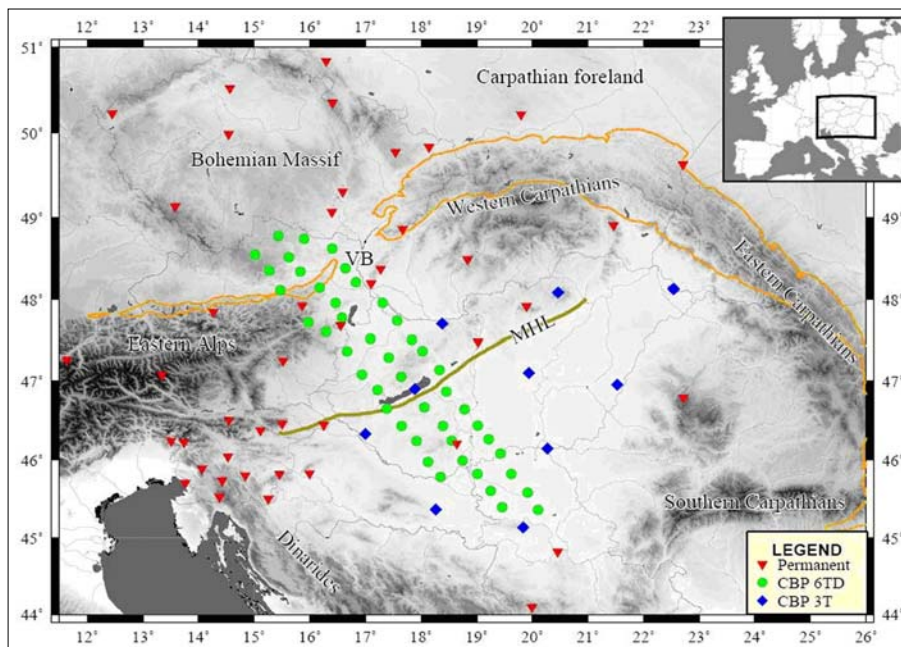
kutatási program, melynek célja a Pannon-medencét kialakító hatások jobb megértése volt.

A program résztvevői:

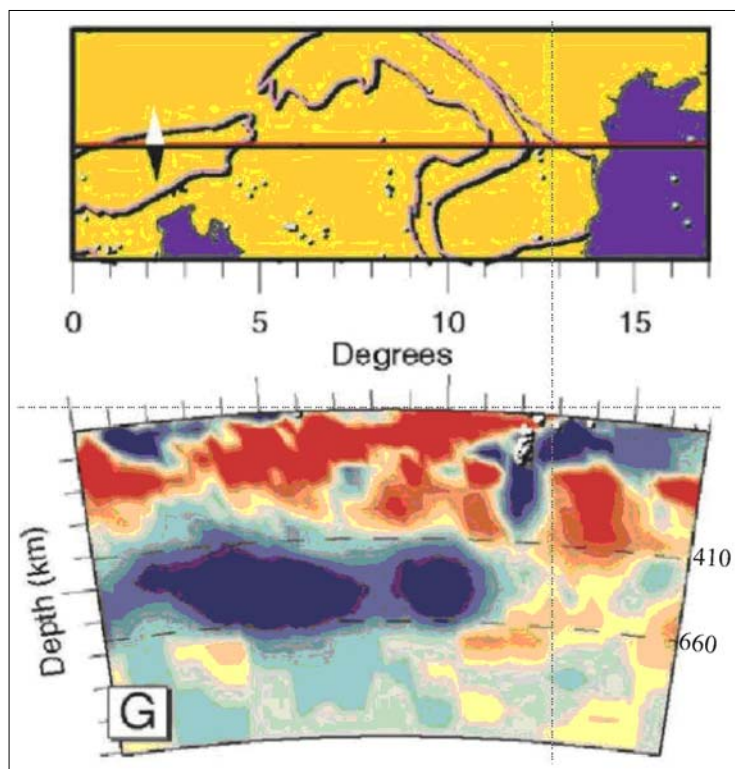
- University of Leeds
- Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
- Technische Universität, Wien
- Seismological Survey of Serbia

A programhoz szükséges mérőeszközöket – széles sávú szeizmométereket és adatgyűjtőket – a SEIS UK és a University of Leeds biztosította.

A regionális széles sávú (BB) állomások (Típus: Guralp 3T-0,01 Hz) telepítése 2005 őszén történt. 8 állomást Magyarországon, 1 állomást Horvátországban, 1 állomást Szerbiában telepítettünk. A jelrögzítés folyamatos volt, 100 sps mintavételi sűrűséggel.



3-30. ábra. A CBP\_RBB program helyszínrajza. Jelmagyarázat: a piros háromszög – folyamatosan regisztráló szeizmológiai obszervatórium, kék kocka – Guralp-3T telepített folyamatosan regisztráló széles sávú állomások, zöld korong – Guralp-6TD triggerelt regisztrálású telepített állomások

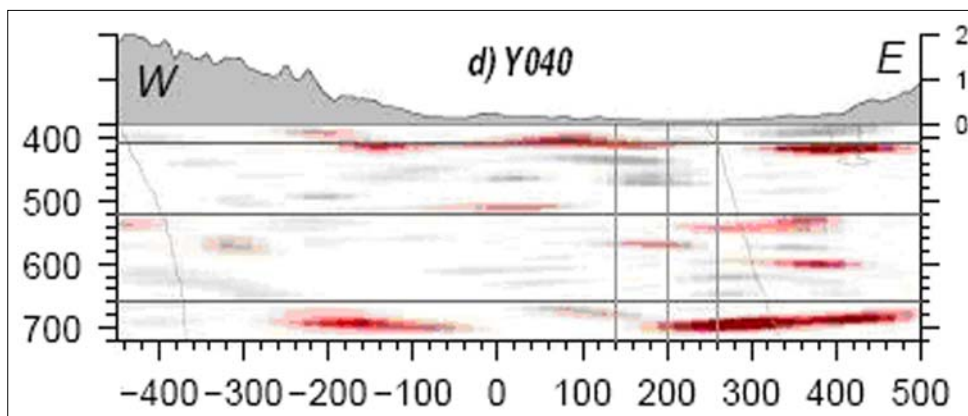


3-31. ábra. Az ábra felső részén látható metszet mentén mutatja a litoszférában és a köpenyben a rengéshullámok terjedési sebességét, az ábra alsó fele Wortel és Spakman (University of Leeds) számításai alapján készült. A piros szín csökkent sebességet, míg a sötétkék az átlagosnál nagyobb sebességet jelez

2006 áprilisától BB szeizmométereket és adatgyűjtőket telepítettünk 3 mérési vonal mentén, 18 hónapos időtartamra. A 46 állomáson Guralp 6TD triaxiális szenzorokkal 30 s periódusidőig rögzítettük a földrengések jeleit a Periadriai és Közép-Magyarországi vonalon (MHL) keresztül. A 46 állomásból 15 állomás Ausztriában, 25 Magyarországon és 6 állomás Szerbiában volt telepítve.

A mérési eredmények feldolgozása és értelmezése a nemzetközi konzorcium különböző műhelyeiben történt. Az adatok értékelése során a teleszeizmikus adatokból (250 esemény  $M > 5,9$ ) szeizmikus tomográfiás, „receiver function”, felületihullám-tomográfiás és anizotrópiavizsgálatokra nyílt lehetőség.





3-32. ábra. Az MTZ migrált „receiver function” szelvénye. A vízszintes tengely értékei az E17,9°-tól mért távolságot jelzik km-ben. A függőleges tengely értékeit szintén km-ben tüntettük fel

A szeizmikus tomográfiás regionális vizsgálatok nagy hőmérsékletű anyagot jeleznek a litoszféra és az asztenoszféra mélységében, a Kárpátokon belüli területen. Szokatlanul alacsony hőmérsékletű anyag jelenlétét feltételezhetjük nagyobb, 410–660 km mélységben.

A „receiver function” módszer a 30°–90° epicentrális távolságon belüli teleszeizmikus események által keltett hullámoknak a határfelületek mentén szétváló P- és S-komponenseit dolgozza fel reflexiós szelvényként megjelenítve.

A 410 km-es határfelület (az olivin átalakulási zónája) közelítően vízszintes, míg a 660 km-es határfelület (a perovskit átalakulási zónája) 40–50 km-es bemélyülést mutat a Pannon-medence területén. A köpeny átmeneti zónája, a „Mantle Transition Zone” (MTZ) a két fenti szeizmológiai határfelület között helyezkedik el.

A Pannon-medence területén a földkéreg és a litoszféra kivékonyodik, és melegebb a kontinentális átlagos értéknél. A litoszféra alatti tartományban – az asztenoszférában – a szeizmikus tomográfiás eredmények és mély MT mérések alapján szintén nagyobb hőmérsékletű anomália valószínűsíthető. Az MTZ 600 km-nél mélyebb részén – a Pannon-medence területén – kivastagodó, a környezeténél sűrűbb anyagra utaló (nagyobb sebességű) anomália látszik, amelyet a korábbi szubdukciós folyamatok során lesüllyedt litoszférarészek maradványainak tekinthetünk.

A Kurili térségben keletkezett teleszeizmikus események út–idő reziduálisait vizsgálva területi különbségek állapíthatók meg a Közép-magyarországi vonal, a „Mid-Hungarian Line” (MHL) két oldalán észlelt szeizmikus adatok alapján. A nagyszerkezeti zóna két oldalán eltérő irányú szeizmikusanizotrópia-értékek adódtak a litoszféra mélységtartományában. A reziduális időkülönbségek és az anizotrópiairányok eloszlása alapján nagyszerkezeti változásra következtethetünk.

### **3.6.6. Az Arktisz és Antarktisz vizsgálata (IGY 2007–2009)**

A kutatási program első évében, 2007 tavaszán a Lengyel Tudományos Akadémia Geofizikai Intézetének vezetésével szeizmikus expedíció indult az Antarktiszra. A szeizmikus vizsgálatokhoz szükséges eszközöket a Lengyel Tudományos Akadémia, a Helsinki Egyetem Szeizmológiai Intézete, a Sodankyla Szeizmológiai Observatórium és az ELGI biztosította. A 2007 folyamán mért adatok konvertálását és ellenőrzését mi végeztük.

A 2008-as évben a partnerek nem indítottak expedíciót az sarkvidékre.

## **3.7. Kőzettani, deformációs vizsgálatok a Kárpát-medence xenolitjain**

*Török Kálmán*

### **3.7.1. Deformációs vizsgálatok xenolitokon**

A Pannon-medence – amelynek komplex fejlődéstörténete szorosan összekapcsolódik az Alp-Kárpáti orogenezissel – földtanilag a világon az egyik legintenzívebben megkutatott képződmény. Ennek ellenére számos alapvető kérdésben, mint például a medenceképződést kiváltó folyamatok tekintetében nem született megnyugtató elképzelés. A medence kialakulásának és fejlődésének megértéséhez kulcsfontosságú a plio-pleisztocén alkálivulkanitok által felszínre szállított mélylitoszféra-fragmentumok vizsgálata (pl. Szabó et al. 1995, Török 1995). A vizsgálatok eredményeképpen számos olyan, a sekély kéregben nem megfigyelhető folyamat tárul elénk e kőzetek vizsgálatával, amelyek a medenceképződés fizikai és kémiai feltételeiről tanúskodnak.

A Balaton-felvidékről származó felső köpeny és – kisebb részben – alsó kéreg eredetű zárványainak mikrodeformációs vizsgálata során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy hagyott-e kimutatható nyomot a Pannon-medence fejlődéstörténetének számos markáns deformációs eseménye a terület alatti mély litoszféra kőzetein. További kérdésünk az volt, hogy a felső köpeny és alsó kéreg kőzeteiben látszanak-e jelentős különbségek a deformáltság, átkristályosodás tekintetében, azaz deformációs szempontból megfogható-e a számos modell (pl. Horváth et al. 1993) által feltételezett kéreg–köpeny szétválás, vagy a Kovács et al. (2007) által feltételezett együttes köpeny–kéreg kilökődés és deformáció valósulhatott-e meg.

Mikrodeformációs vizsgálatainkat a franciaországi montpellier-i egyetem visszaszórt elektrondiffrakciós laboratóriumában végeztük. Vizsgálataink során petrográfiai és geokémiai szempontból ismert 15 felső köpeny és 6 alsó kéreg eredetű xenolit részletes elemzését végeztük.

A mikrodeformációs elemzések lényeges eredményei a következőkben foglalhatók össze.

A Balaton-felvidék alatti felső köpeny 2 határozottan eltérő deformáltságú részre osztható. A nagyobb mélységben megjelenő xenolitok olivinkristályai esetében – amelyek elfogadott módon a leginkább érzékenyen reagálnak a deformációra (pl. Tommasi et al. 1999) – egyértelműen pont-maximumeloszlás figyelhető meg. Az [100] tengelyek a lineáció irányába esnek, míg a [010] tengelyek a lineációra és a foliációra merőlegesen jelennek meg. Az ilyen típusú orientációeloszlás jellegzetes magas hőmérsékletű köpenyfolyáshoz kapcsolódó deformáció során alakul ki (Avé Lallemant, Carter 1970). A sekély felső köpenyben megjelenő xenolitok olivinjeinek orientációeloszlása más karaktert mutat. Az [100] és [001] tengelyek a foliációsíkjában gyűrűs eloszlásban jelennek meg, míg a [010] tengelyek a foliációsíkjára merőlegesen pont-maximumeloszlást mutatnak. Ilyen speciális eloszlást eddig igen ritkán sikerült peridotitos kőzetekben megfigyelni, és a modellezés alapján kizárólag transzpressziós feszültségtérben lehet létrehozni (Tommasi et al. 1999). Érdekes, hogy a gyűrűs eloszlást követik a piroxének megfelelő tengelyirányai is. Az alsó kéreg eredetű xenolitok esetén, meglepő módon a kőzetet általában uralkodó módon felépítő klinopiroxén kristálytengelyeinek orientációeloszlása jó egyezést mutat a sekély felső köpeny speciális deformáltságával.

### 3.7.2. Eredmények a szeizmikus sebességekre, illetve anizotrópiára vonatkozóan

A felsőköpeny- és alsókéregközvetek modális és geokémiai tulajdonságainak felhasználásával, illetve elasztikus paramétereik és az ásványsűrűségek felhasználásával a Balaton-felvidék alatti mélylitoszférára vonatkozó rétegoszlop tekintetében sűrűség- és szeizmikussebesség-bebecslést végeztünk. Elmondható, hogy a felső köpenyben a sűrűség egyértelműen növekszik a mélység felé, azaz  $3,26 \text{ g/cm}^3$ -ról – amely egy Moho-közei xenolit átlagos sűrűsége – kb. 50 km-es mélységben  $3,36 \text{ g/cm}^3$ -re növekszik. Jelen számítás alapján azonban a szeizmikus sebesség esetében az elvárt növekedés nem valósul meg ( $8,08 \text{ km/s}$  a sekély felső köpeny esetében és  $7,96 \text{ km/s}$  a mély felső köpeny esetében), aminek vélhetően a hőmérséklet elasztikus paraméterekre gyakorolt hatása lehet az oka. Az alsó kéregben a sűrűségértékeket egyértelműen a gránát/plagiokász arány befolyásolja. A kapott értékek  $3,1$  és  $3,5$  között változnak. Azonban az alsó kéreg eredetű kőzetek már csiszolat léptékben is meglehetősen heterogének, így elképzelhető, hogy az irreálisan nagy sűrűségű minták nem reprezentálják a valódi kőzetösszetételeket. Hasonló mondható el a szeizmikus sebességekről, amelyek  $7,5 \text{ km/s}$  és  $8,11 \text{ km/s}$  között változnak, szintén erősen a gránát/plagiokász arány függvényében.

A korábbi fejezetben bemutatott mikrodeformációs vizsgálatok eredményének, valamint a kőzetet felépítő ásványok 3D elasztikus paramétereinek felhasználásával a vizsgált kőzetekre jellemző szeizmikus sebességek 3D eloszlását is meghatároztuk. Ennek alapján megállapítható, hogy a mélylitoszférában igen jelentős mértékű,  $12\text{--}13\%$  szeizmikus anizotrópia kialakulása várható ( $V_p$  esetén). Az anizotrópia mértéke – és jellege is – jelentősen változik a sekély felső köpenyben. Itt mintegy  $9\text{--}10\%$  anizotrópiáról beszélhetünk. Az alsó kéregben hirtelen nagymértékben lecsökken a kőzetek szeizmikus anizotrópiája ( $1\%$ -ra), ami egyrészt a piroxének kristályszerkezetéből adódó gyengébb orientáltságnak, valamint a nagy mennyiségben jelen lévő orientálatlan gránátnak és plagioklásznak köszönhető.

#### Irodalom

Avé Lallemant H. G., Carter N. L. (1970): Syntectonic recrystallization of olivine and modes of flow in the upper mantle. Bull Geol Soc Am 81, 2203–2220

- Horváth F. (1993): Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics* 226, 333–357
- Kovács I. et al. (2007): Paleogene – early Miocene igneous rocks and geodynamics of the Alpine-Carpathian-Pannonian-Dinaric region: An integrated approach. In: Beccaluva, L., Bianchini, G., and Wilson, M. (eds.), *Cenozoic Volcanism in the Mediterranean Area*, Geological Society of America Special Paper 418, 93–112
- Szabó Cs., Harangi Sz., Vaselli O., Downes H. (1995): Temperature and oxygen fugacity in peridotite xenoliths from the Carpathian-Pannonian Region. *Acta Vulcanol.* 7, 231–239
- Tommasi A., Mainprice D., Canova G., Chastel Y. (1999): Viscoplastic self-consistent and equilibrium-based modeling of olivine lattice preferred orientations. Implications for the upper mantle seismic anisotropy. *Journal of Geophysical Research* 105, 7893–7908
- Török K. (1995): Garnet breakdown reaction and fluid inclusions in a garnet clinopyroxenite xenolith from Szentbékállá (Balaton Highland, W-Hungary). *Acta Vulcanol.* 7/2, 285–290
- Wyllie P.A., Wolf, M.B. (1993): Amphibolite dehydration melting: sorting out the solidus. In: Prichard H. M., Alabaster T., Harris N. B. W., Neary C. R. (eds.), *Magmatic processes and plate tectonics*. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 76, 405–416

## 3.8. Földrengés-veszélyeztettségi vizsgálatok

*Bodoky Tamás*

### 3.8.1 Geofizikai kutatások Paks térségében

Voltak az Intézetnek olyan tevékenységei, amelyeket rendkívül nehéz lenne besorolni bármelyik fejezetbe is. Ilyen volt a Paksi Atomerőmű földrengésbiztonságának vizsgálata, amely alap kutatás jellegű ugyan, de tekinthető lett volna környezetvédelmi célú vagy nagyberuházások földtani előkészítését szolgáló mérnök-geofizikai tevékenységnek is. A kutatás újszerűsége, sokrétűsége és hosszú időtartama (1972–1997) miatt végül ide került. A következőkben *Ráner Géza* és *Szabó Zoltán* (1997) összefoglalója alapján mutatjuk be a paksi kutatásokat.

Az erőmű telephelyének és környezetének geológiai-geofizikai tanulmányozása hosszú folyamat volt, amely 1972-ben kezdődött. A szükséges ismeretekre vonatkozó követelmények folyamatosan alakultak ki, a szeizmológiai adatok mellett fokozatosan körvonalazódtak a földtani felépítésre, a hidrogeológiai viszonyok megismerésére vonatkozó követelmények is.

Az erőmű tervezésében szovjet szakértő csoportok vettek részt, a magyar fél feladata a megfelelő alapadatok biztosítása volt a szovjet előírások és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásai alapján. A kutatásokban az ELGI-n kívül még számos más együttműködő szervezet is részt vett: Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) Geofizikai Tanszéke, MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete (GGKI), GEOPARD Kft., ELGOSCAR Kft., Országos Földtani Kutató-Fúró Vállalat (OFKfV), Geofizikai Kutató Vállalat (GKV később GES).

Az atomerőmű létesítésétől függetlenül gravitációs és mágneses mérések alapján már korábban felismerték, hogy Paks körzetében nagyon változatos földtani felépítés várható (Pintér et al. 1964). A földrengések eloszlásának vizsgálata alapján viszont Paks egy viszonylag nyugodt terület közepén helyezkedik el. A földrengések előrejelzéseinek problémáit ismerve azonban fontos feladatnak látszott, hogy az inhomogén felépítésű területet és annak környezetét minél részletesebben megismerjük és változásait nyomon kövessük. Az erőmű környezetének paleoszeizmológiai rekonstrukciója a hazai kutatás nagy kihívása volt. Hasonló feladattal korábban nem találkoztunk, ezért is tekintjük alapkutatásnak.

A feladat két jelentősebb részre volt bontható:

- neotektonikai kutatások, vagyis az aktív vagy várhatóan aktív törések meghatározása,
- a tektonika és a földrengések közötti kapcsolat megértése.

Az első feladat esetében a felszíni, illetve felszínközeli összletek fizikai paramétereinek (sűrűség, mágneses szuszceptibilitás, szeizmikus sebesség, elektromos ellenállás stb.) változását vizsgálták, és a hirtelen változások helyeit keresték, amelyeket aztán valamilyen földtani feltáró módszerrel (árkolás, akna, fúrás) ellenőrizni lehetett. Ilyen céllal elemezték az űrfelvételeket, valamint geoelektromos szondázásokat és szelvényezést, földradarméréseket, mérnök-geofizikai szondázásokat, és közel felszíni szeizmikus sebességvizsgálatokat végeztek. A vizsgálatoknak végül nem sikerült a litosztratigráfiai változásokat a kronosztratigráfiai változásokkal azonosítani, mert az anomális helyek száma túl nagy volt. Kísérletek történtek még az ipari szénhidrogén-kutató szeizmikus szelvényekben azonosított törések kiegészítő mérések segítségével történő felfelé követésére. A kísérletek igazolták az elgondolás helyességét, azonban a vonalháló ritkasága miatt a területet lefedő térkép így nem készült.

A második feladat a szeizmológia egyik legvitatottabb kérdése volt és egyenlőre maradt is. Magyarországon a földrengések fészekmélysége általában

5 és 15 km, ebben a mélységben kellene tehát pontosan ismerni a heterogenitás mértékét és a kőzetfizikai jellemzőket. Ez a mélység azonban nehezen és csak nagyon komoly ráfordítással kutatható. A 3.4., illetve a 3.5 szakaszban bemutatott litoszféra-kutató mérések és alapvonalak mentén több esetben sikerült ilyen jellegű összefüggéseket találni, de a paksi területen sajnos ilyen kutatások nem történtek.

Az eredményeket összefoglalva, a Paks körüli geofizikai kutatások bizonyították, hogy a terület tektonikai rendszerének főbb elemei meghatározhatók, de nem sikerült meghatározni a legfiatalabb mozgások korát.

A kutatásoknál a geofizikai módszerek széles választékát alkalmazták. Az alábbiakban ezeket tekintjük röviden át.

#### **3.8.1.1. Távérzékelési felvételek vizsgálata**

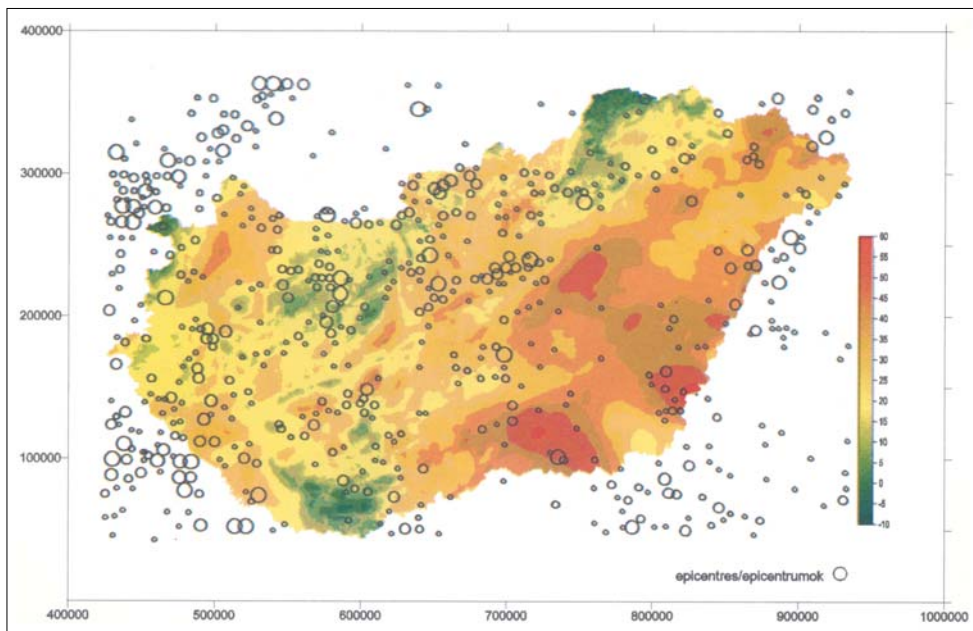
A területtel először az ELTE Geofizikai Tanszék kutatócsoportja foglalkozott. A csoport egy Landsat felvételt vizsgált (Horváth et al. 1993), majd az ELGI Lélegefizikai és Távérzékelési Csoportja Landsat TM és SPOT űrfelvételek vizsgálatát végezte el 1994-ben (Bodrogi et al. 1994). A kimutatott lineamentek és a feltételezett neotektonikai elemek között nem sikerült megfelelő összefüggést találni.

#### **3.8.1.2. Légi geofizikai vizsgálatok**

Légi geofizikai mérésekre mindössze pár kísérleti szelvény mentén került sor Tengelic térségében. Ezeknek az adatoknak a feldolgozása során nem sikerült neotektonikai elemeket kimutatni.

#### **3.8.1.3. Gravitációs kutatások**

Paks környékén a korábbi országos gravitációs felmérés részeként rendelkezésre állt egy kb 1 állomás/km<sup>2</sup> sűrűségű, egyenetlen eloszlású adathálózat, ezt 1994-ben kiegészítő mérésekkel sűrítették. A kiegészített adatrendszerből Bouguer-anomáliatérkép, illetve különböző szűrt és származtatott térképek sora készült, amelyeknek a részletes elemzése és a szeizmológiai adatokkal való egybevetése is megtörtént. A gravitációs gradiensek mértékét sikerült összefüggésbe hozni a földrengések kipattanási helyeivel. Ebből az adódott, hogy az  $I_0 \geq 6$  MSK-64 inten-



3-33. ábra. Magyarország medencehatástól mentesített anomáliatérképe (Szabó 1993) a földrengések epicentrumaival (Earthquake Catalogue of the Carpathian Basin, Georisk, 1994)

zítású földrengések gyakoriságának valószínűsége Paks térségében az országos átlag kétszerese (Szabó 1990).

#### 3.8.1.4. Földmágneses kutatások

Alapadatként itt csak korábbi ritka országos felmérés adatai álltak rendelkezésre. Ezekből elsősorban az eltemetett magmás képződményekre lehetett következtetni, valamint jól felismerhető a mágneses anomália-adatokból a Paks alatt húzódó szerkezeti öv és egy Paks alatt elhelyezkedő mágneses ható.

#### 3.8.1.5. Tellurika, magnetotellurika

Paks térségében 1985–86 során az MTA GGKI végzett tellurikus és magnetotellurikus méréseket (Ádám et al. 1986), ezeket egészítette ki az ELGI a dunántúli



területeken 1990-től 1993-ig (Madarasi 1997). A mérések kimutatták, hogy Pakstól D-re K-Ny irányú aljzatkiemelkedés van, másrészt a Duna jellegzetes kanyarulatától D-re a medence K felé történő elmélyülése látható.

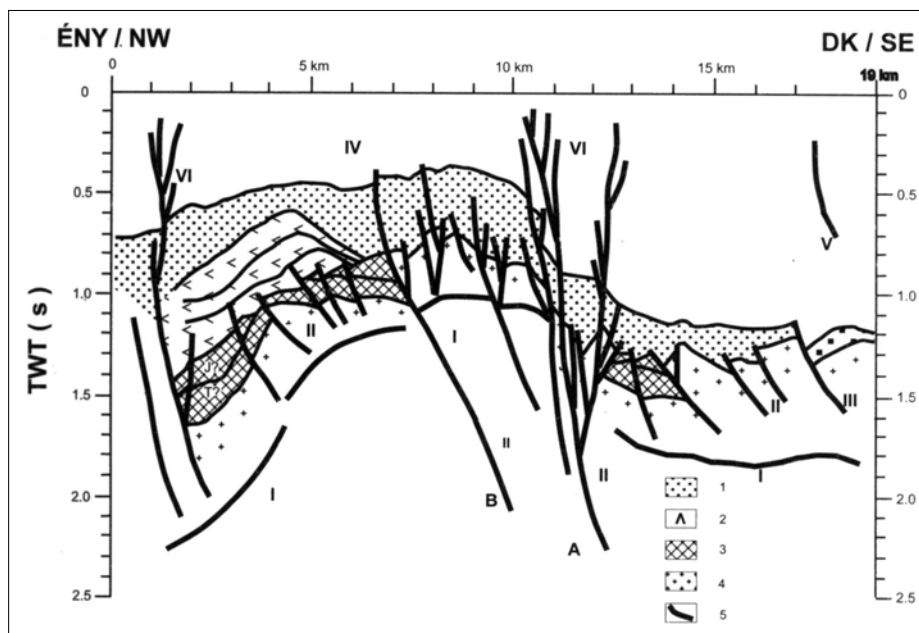
### 3.8.1.6. Szeizmikus mérések

Az első geofizikai mérésekre 1979-ben került sor, szeizmikus refrakciós mérésekkel a nagy sebességű aljzat mélységének meghatározása történt meg (Rákóczy 1979a). Ez a szint a harmadidőszaki medence aljzatát követi.

1986-ban a GKV mért két reflexiós szelvényt Du-1 és Du-2 néven. A vonalak alapján egy K-Ny-i irányú zóna mentén horizontális elmozdulást értelmeztek a pliocén–miocén üledékes összletben, amelyet az alföldi kutatásokból ismert mozgási övekhez kötöttek (Lakatos 1987). Miután ez a zóna az erőmű alatt húzódott, 1987-ben az ELGI további 7 vibroszeiz szelvényt mért. Ennél a mérésnél a mérési paraméterek megválasztásánál az üledékes összletben feltételezhető törések kimutatását helyezték előtérbe. A szelvényekben a miocén–pannon összletben különböző korú törések ismerhetők fel, de a korábbi mérés alapján feltételezett K-Ny-i irányú zóna nem volt követhető, a területen jóval bonyolultabb törésrendszer körvonalazódott (Rákóczy et al. 1988). A további szeizmikus mérések egyrészt a törések kisebb mélységek felé való követésére (Gúthy, Hegedűs 1990), másrészt a nagyszerkezeti kép jobb megismerésére irányultak (D. Lőrincz 1992).

A Kecskemét és Paks között feltételezett törészóna követésére mért az ELGI Pak-1, -2, -3, -4 néven négy reflexiós szelvényt, amelyekkel elsődlegesen az üledékes összletben lévő elmozdulásokat próbálták követni (Gúthy, Kántor 1994). Az ELGI a neotektonikai vizsgálatok keretében módszertani céllal is végzett itt sekélyreflexiós méréseket (Tóth 1994, Bodoky et al. 1995, Tóth et al. 1995). Végül külön meg kell említeni az ELTE Geofizikai Tanszékének a Dunán végzett sekélyreflexiós méréseit. A sekélyreflexiós szelvények feldolgozása és értelmezése sok vitát váltott ki, az eltérő eredmények elsősorban a rendelkezésre álló adatrendszerek hiányaival és elégtelen voltával magyarázhatók.

A Pak-1, -2, -3 és -4 reflexiós szelvények földtani értelmezését 1996-ban az ELGI újra elvégezte (Redlerné Tátrai et al. 1996) a mélyfúrásokban meghatározott rétegsoroknak a szeizmikus szelvényekbe illesztésével. A Pak-3 szelvény D-i részén rengések szempontjából feltételeken aktívnak minősíthető szerkezetet értelmeztek.



3-34. ábra. A Pakstól K-re Ény-DK-i irányban mért Paks-2/92 szeizmikus reflexiók migrált időszelvény földtani értelmezése (Redlerné Tátrai et al. 1996). *Jelmagyarázat:* 1 – miocén képződmények, 2 – miocén vulkanitok, 3 – mezozoós képződmények, 4 – prekambriumi képződmények, 5 – vető, I-VI – tektonikai fázisok, A-B – pikkelyhatár

### 3.8.1.7. Geoelektromos mérések

Geoelektromos mérésekre a területen több alkalommal is sor került. A mérésekkel 1992-ben a Móri-árokra jellemző irányoknak megfelelő tektonikai elemeket, majd 1993–1994-ben az erőműtől Ny-ra eső területen a szeizmogeológiailag zavart zónákat vizsgálták. A pleisztocén–holocén és pannoniai összletben lévő változásokat a kiértékelés során nem tektonikus eredetűnek minősítették (Újszászi, Zalai 1992, Stickel, Zalai 1994).

### 3.8.1.8. Mérnök-geofizikai szondázások

A mérnök-geofizikai szondázást, amely a CPT (Cone Penetration Test) továbbfejlesztett változata (lásd 8.3.6. szakasz), az ELGI több alkalommal is felhasználta az

erőmű környezetének vizsgálata során. A módszerrel nagy biztonsággal tudták elkülöníteni a lösz, a homokos vízvezető képződményeket és a vízzáró agyagokat, valamint jól felismerhetők és behatárolhatók voltak az esetleges mozgások (csúszások, súvadások vetődések).

A Duna teraszképződményei a mérnök-geofizikai szondázások alapján jól tagolhatóak voltak, a rétegek vízszintes irányú követéséhez azonban nagyobb pontsűrűsége lett volna szükség. A jellegzetes változások követése csak rövid szakaszokon volt lehetséges, és nem volt egyértelműen eldönthető a változások oka sem.

#### **3.8.1.9. Földradarmérések**

A felszínközeli összletek folyamatos szelvényező kutatására az ELGI két alkalommal földradarméréseket (lásd 8.3.5.2. szakasz) végzett a 25–200 MHz-es frekvenciatartományban.

Először Pakstól Ny-ra történtek mérések a geoelektromos mérések anomális zónáiban. Ezeket a méréseket 2 m mély árkolással ellenőrizték, és a geofizikai és a földtani szelvények jól egyeztek, azonban az árkolás mélységéig neotektonikus elemeket nem észleltek (Prónay, Gógh 1992).

Másodszor a pleisztocén–holocén folyóvízi üledékek területén mértek, itt az azonos nyomvonalon mért sekélyszeizmikus és a radarszelvények egyesítésére történtek sikeres kísérletek.

#### **3.8.1.10. Szeizmokarotázs, $P$ , $S$ , $Q$ mérések**

A földrengések várható hatásának modellezéséhez fontos ismernünk a szeizmikus  $P$  (longitudinális) és  $S$  (transzverzális) hullámok sebességeinek, valamint a csillapításra jellemző  $Q$  jósági tényezőnek és a sűrűségnek a felszíntől a nagyobb mélységekig terjedő értékeit.

A Paksi Atomerőmű területén az 1979 és 1988 között lemélyített fúrásokban Rákóczi (1979b), illetve Rákóczi és Bagi (1987) szeizmokarotázs-mérésekkel meghatározták a  $P$  hullámsebességeket. Az  $S$  hullámsebességek meghatározására az ELGI-ben egy új mérőrendszert és metodikát dolgoztak ki, amellyel sikeres méréseket végeztek nemcsak Paks környékén, hanem később a radioaktív hulladéklerakók kutatása keretében az Üveghutai területen is.

### 3.8.1.11. Mélyfúrás-geofizikai mérések

Az előzőekben felsorolt vizsgálatokon túl még mélyfúrás-geofizikai méréseket is végzett az ELGI a program keretében a Paks-4a, -4b és 4c fúrásokban, valamint az ISMES cég által mélyített fúrásokban. A mélyfúrás-geofizikai mérések értelmezett adatait a szeizmikus reflexiós szelvények értelmezésénél használták fel.

Az ELGI fenti kutatási eredményei és a MOL Rt. szénhidrogén-kutató mérései alapvető kiinduló adatokat biztosítottak a földtani, szeizmotektonikai, mérnökszeizmológiai és geotechnikai értékeléshez. Ennek alapján az OWE-ARUP csoport az erőmű biztonsági értékelését elvégezte.

#### Irodalom

- Ádám A. et al. (1986): Jelentés az Erőterv megbízásából végzett tellurikus és magneto-tellurikus kutatásokról Paks Környékén, 13. sz. jelentés. Kézirat, MTA GGKI
- Bodoky T., Jánváriné Kántor I., Tímár Z., Tóth T. (1995): Shallow seismic surveying for neotectonics. Proceedings of the 57th Meeting and Technical Exhibition of the European Association of Exploration Geophysicists, Glasgow, UK
- Bodorogi M., Csató B., Gulyás Á., Kiss J., Prácsér E. (1994): Lineamentum vizsgálat digitális úrfelvételek alapján Paks környezetében. Kézirat, ELGI
- Gúthy T., Hegedűs E. (1990): Jelentés a Paks környékén (Dunaszentbenedek) 1989-ben sekély szeizmikus módszerrel végzett neotektonikus vizsgálatokról. Kézirat, ELGI
- Gúthy T., Kántor I. (1994): Report on shallow seismic profiling in the Paks area. Kézirat, ELGI
- Horváth F. et al. (1993): Paks környezetének szerkezeti viszonyai és nagytektonikai helyzete az újabb szeizmikus szelvények és más földtani-geofizikai kiértékelések alapján. Kézirat, ELTE, Geofizikai Tanszék
- Lakatos L. (1987): Kutatási jelentést az 1986-ban Paks térségében bemért szeizmikus szelvényeknek az időközben lemélyült mélyfúrások eredményeinek felhasználásával végzett szeizmikus rétegtani és tektonikus értelmezéséről. Kézirat, GKV
- D. Lőrincz K. et al. (1992): Jelentés a Kecskemét és Paks között feltételezett törésvonal helyzetének felderítésére végzett szeizmikus mérésekről. Kézirat, ELGI
- Madarasi A. (1997): Paks környékének egyesített tellurikus izoarea térképe az MTA GGKI és az ELGI adatai alapján. Kézirat, ELGI
- Pintér A., Ádám A., Szénás Gy. (1964): A magyar medence regionális gravitációs értelmezési problémái. Geofizikai Közlemények 13/3, 316–328
- Prónay Zs., Gógh É. (1992): Felszínközeli rétegek vizsgálata földradar módszer segítségével Paks környékén. Kézirat, ELGI

- Rákóczy I. (1979a): Jelentés a Paksi Atomerőmű körzetében végzett szeizmikus mérésekről. Kézirat, ELGI
- Rákóczy I. (1979b): Jelentés a Paks-2 mélyfúrásban végzett szeizmokarotázs vizsgálatokról. Kézirat, ELGI
- Rákóczy I., Bagi R. (1987): A Paksi Atomerőmű környezetében mélyített fúrások karotázs vizsgálatának összefoglalása. Kézirat, ELGI
- Rákóczy I., Hegedűs E., Gúthy T. (1988): Jelentés a Paks környékén 1987-ben végzett szeizmikus mérésekről. Kézirat, ELGI
- Ráner G., Szabó Z. (1997): Geofizikai kutatások Paks térségében. In: A Paksi Atomerőmű földrengésbiztonsága, Marosi S., Meskó A. (eds.), Akadémiai Kiadó, Budapest
- Redlerné Tátrai M. et al. (1996): Jelentés a medenceanalízis projekt 1996. évi tevékenységéről. Kézirat, ELGI
- Stickel J., Zalai P. (1994): Paksi geoelektromos mérések 1993–1994. Kézirat, ELGI
- Szabó Z. (1990): Az 1763 óta észlelt  $I_0 \geq 60$  (MSK-64) intenzitású magyarországi földrengések epicentrális területének földtani-geofizikai paraméterei. Kézirat, ELGI
- Szabó Z. (1993): Magyarország üledékhatással javított gravitációs térképe. Kézirat, ELGI
- Tóth T. (1994): Jelentés a Paks környékén 1993-ban végzett sekélyreflexiós mérések eredményeiről. Kézirat, ELGI
- Tóth T., Bodoky T., Gili L., Lukácsy J. (1995): processing experiences with shallow seismic reflection data. Proceedings of the 57th Meeting and Technical Exhibition of the European Association of Exploration Geophysicists, Glasgow, UK
- Újszászi J., Zalai P. (1992): A Paksi Atomerőmű földrengés-biztonsági vizsgálatához kapcsolódó szelvény menti geoelektromos mérések. Kézirat, ELGI



# 4. fejezet

## **Regionális geofizikai kutatások**

*Braun László, Draskovits Pál, Hoffer Egon, Kakas Kristóf,  
Király Ernő, Kiss János, Nemesi László, Polcz Iván,  
Rezessy Géza, Szalay István, Tóth Csaba*

## 4.1. Geofizikai kutatás az Alföldön (1965–1992)

*Polcz Iván*

### 4.1.1. Komplex geofizikai szénhidrogén-kutatás

Reménybeli szárazföldi szénhidrogén-tárolók nagy mélységű üledékes medencék belsejében jöhetnek létre. A medence aljzatát alkotó kőzetek és az ezekre települt nagy vastagságú üledék belső szerkezete geofizikai módszerekkel, elsősorban a földmágneses és gravitációs mérésekkel megfelelően előkészített szeizmikus mérések segítségével kutatható. A reflexiós módszer az üledékes medencék belső szerkezetét, a refrakció a nagy sebességű medence aljzatát kutatja. A közepes mélységű medencék vizsgálatánál a refrakciós aljzatkutatás eredményes lehet, de nagyobb mélységek (3-4 ezer m) esetén azonban az üledékes rétegek talpa és az aljzat közötti sebességkülönbség nem ugrásszerű, ezért jó energiájú refraktált hullám nem jön létre, következésképpen a nagy mélységű medencealjzat szerkezete refrakciós módszerrel nem mindig ismerhető meg. Ilyen esetben nagyon hasznos a kevésbé költségigényes geoelektromos szondázó (DE), valamint tellurikus (TE) és magnetotellurikus (MTS) módszerek alkalmazása. A végleges megoldás a nagy dinamika tartomány átfogására képes digitális reflexiós eszközök és eljárások (közös mélységpontos észlelés) alkalmazása (Ádám 1992). A geoelektromos mérőkomplexum alkalmazására feltétlenül szükség van olyan területeken, ahol a kutatandó mélybeli összleteket valamilyen árnyékoló fedi (pl. miocén vulkanikus kőzetek Kelet-Magyarország területén). A legkorszerűbb mélyföldtani kutatás a modern magnetotellurikus szondázás eredményeire a harmadik évezredben is változatlanul igényt tart, ezt a hazai és a külföldi kutatások is megerősítik. Az ELGI mélyszerkezet-kutató tevékenysége az említett tapasztalatok és vezérelvek szerint alakult ki az elmúlt közel négy évtized folyamán.

Az ELGI történetének I. kötetében leírtak szerint az Alföld rendszeres kutatását 1964-ben a MÁFI-val közös igazgató *Fülöp József* hirdette meg „Az ország egységes, átfogó kutatási programja” néven, *Kertai Györgynek*, Központi Földtani Hivatal (KFH) elnökének teljes támogatásával. A program keretében indult el a megfogalmazott feladat végrehajtása: „a felszíntől a földkéregig terjedő tartomány rendszeres kutatására és térképezésére”. A kutatás közvetlen ipari célja szénhidrogén- és mélyvíz-tároló szerkezetek felderítése volt. Az ELGI számára így alkalom nyílt újra részt venni a szénhidrogén-kutatásban, melyből a meg-



előző tíz év során kiszorult. A szerződéses munka jelentős következménye volt, hogy ösztönözte az intézeti szeizmikus és geoelektromos műszerfejlesztő bázis fejlesztését a KFH anyagi támogatásával. A kitűzött feladatot ugyanis csak korszerű eszközök alkalmazásával lehetett eredményesen megoldani<sup>1)</sup>.

A kutatási feladat keretében az ELGI mérőcsoportjainak legnagyobb része a szolnoki 1:100 000-es Gauss–Krüger-rendszerű térképlapon 1964-ben kezdett el dolgozni, és olyan mérési komplexumot vonultatott fel erre a területre, melyre a magyar geofizikai kutatás történetében addig nem volt példa. Gravitációs, földmágneses, geoelektromos és szeizmikus csoportjaink elsősorban itt tevékenykedtek. A területre a MÁFI sekély mélységű térképező csoportja is felvonult Rónai András irányításával (Rónai 1969).

Az alföldi komplex kutatások módszertanát Sz.-né Kilényi Éva témavezető írta le az Intézet 1965. évi nyomtatott jelentésben (Kilényi 1966). Összefoglalta, hogy melyik módszertől milyen eredmény várható, milyen mérési, feldolgozási, értelmezési kérdések merülnek fel, és milyen továbbfejlesztés szükséges. Ezek a szempontok ma is érvényesek, természetesen az időközben bekövetkezett módszertani fejlődés eredményeivel kiegészítve. A következőkben áttekintjük a földmágneses, gravitációs, geoelektromos és szeizmikus kutatómódszerek szerepét és eredményeit.

#### 4.1.1.1. Földmágneses mérések

A földmágneses mérés jelentősége az Alföldön, különösen az ún. flis övben<sup>2)</sup> az aljzatba benyomult kréta diabáz hatók felderítésében nyilvánult meg, később a kelet-magyarországi (Hajdúság–Nyírség) területen a mágnesezhető vulkáni kőzetek lehatárolásában és közelítő mélységük meghatározásában jutott jelentős

---

<sup>1)</sup> A KGST-ben tömörült országok a fejlett analóg és egyre nélkülözhetetlenebb számjegyes rögzítésű (digitális) technikával rendelkező nyugati gyártmányú eszközöket, célszámítógépeket és feldolgozóprogramokat a kereskedelmi embargós rendelkezések miatt nem vásárolhatták meg, ezért saját geofizikai műszerkutatást, -fejlesztést és -gyártást indítottak. Az ELGI-ben végzett igen eredményes és nagy horderejű munkát *Műszer- és módszerkutatás* néven külön fejezet ismerteti részletesen.

<sup>2)</sup> A hazai földtani kutatásban azért került előtérbe a flis öv (felső kréta – paleogén Kárpát homokkő) vizsgálata, mert a Debrecen–Hajdúszoboszló–Püspökladány–Nádudvar–Kisújszállás–Szolnok–Törtel irányában húzódó széles flis aljzatú sáv felett a neogén üledékekben szénhidrogén-tároló szerkezetek váltak ismertté (Kőrössy 1959).

szerephez. A kutatás rendelkezésére álltak a *Haáz István* által irányított az 1,5 km távközű országos vertikális intenzitásmérés értékei és az abból szerkesztett munkatérképek, a 1:200 000-es méretarányú nyomtatott térképek. A hálózatkiegészítő méréseken kívül a Nyírség területén különféle repülési magasságú légi mágneses mérésekre is sor került (1964). A mágneses hatók mélységének és kiterjedésének meghatározására *Posgay Károly* (Posgay 1967) végzett alapvető számításokat országos áttekintő térképe megszerkesztéséhez. Ez kiemelkedően fontos munka volt a hazai földmágneses anomáliák földtani értelmezése terén, továbbá a flis övben és a kelet-magyarországi miocén korú vulkanitok vizsgálatához (ld. *Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I.*, 183–184. o.). Pontosabb hatószámításokhoz az alföldi kutatások során szelvény menti méréseket is végeztünk, a kiértékelésben többféle, akkor korszerű hatószámítási eljárást alkalmazva.

#### 4.1.1.2. Gravitációs mérések

A *gravitációs* mérések adataiból szerkesztett Bouguer-anomáliatérkép a kutatási területek áttekintő szerkezeti viszonyait tökrözi elsősorban. Ha a korábban végzett mérések nem, vagy csak részben fedték le a kutatott területet megfelelő pontsűrűséggel, akkor a hálózatot kiegészítő mérésekkel pótoltuk a kívánatos 1 km<sup>2</sup>/mérési pont követelményt. A Bouguer-anomáliák számítását  $\sigma = 2,0 \text{ g/cm}^3$  térfogatsúllyal végeztük. A gravitációs eredmények ráirányítják a figyelmet azokra a gravitációs anomáliákra, amelyek a reménybeli szénhidrogén-tároló szerkezetek jelenlétére utalnak. Az anomáliatérképeken a nagyméretű, nagy mélységű hatások regionális összetevőként jelennek meg, és elfedik a kutatás szempontjából érdekes ún. maradék- (reziduális) anomáliákat. A földtani szerkezetre jellemző maradékanomáliák a regionális hatások eltávolítása után megjeleníthetők. A regionális és reziduális összetevők szétválasztására az évek során többféle kézi szerkesztéses és számítógépes módszert fejlesztettek ki. A digitális technika fejlődése a legkorszerűbb eljáráshoz, az anomáliatérképek szűrési átalakításához vezetett speciális, irányfüggetlen szűrőmátrixok alkalmazásával. A 60-as évek közepétől az OKGT GKÜ és az ELGI alkalmazza ezeket az átalakításokat, mert igen jól jelzik a medencealjzat mélységváltozásait, és hasznosan alkalmazhatók a szeizmikus kutatások tervezésében, valamint az értelmezés alátámasztására is. (Ettől az időtől kezdődően kutatástörténeti példák alapján a kőolajipari geofizika a szigorú négyzethálózatos gravitációs mérésekhez ragaszkodott). Az alföldi kutatásokat nagymértékben érintő gravitációs módszerfejlesztésről rész-

letesebben a 8.4.4. szakasz számol be az anomáliatérképek másodlagos feldolgozása témában.

#### 4.1.1.3. Geoelektromos mérések

A *geoelektromos* méréseket az *Erkel András* vezetése alatt működő Geoelektromos Osztály – az 1970-es átszervezés után Főosztály – munkatársai végezték: tellurikus mérések *Nemesi László*, dipólszondázó mérések *Király Ernő*, *Verő László*, a sekélyszondázó mérések *Jósa Ernő* irányításával történtek. Az idős medence-aljzat kutatására alkalmaztuk a *geoelektromos* tellurikus (TE), dipólszondázó (DE) és magnetotellurikus (MTS) méréseket. A szondázások az üledékes összletek litológiájáról, esetenként az aljzat belső szerkezetéről is szolgáltatnak ismeretet.

A geoelektromos kutatások hasonlóan a szeizmikához komoly fejlesztési erőfeszítéseket igényeltek. Meg kellett oldani a tellurikus feldolgozás problémáját, a nagy mélységű kutatás műszerezettségét és megbízhatóságát. A fejlesztés az 1965–1968 időszakban még az egyenáramú szondázásokra szorítkozott, majd az ezt követő években a magnetotellurika fejlesztésére. Bővebben erről az 8.4.3. szakaszban esik szó.

A tellurikus mérések 1964-ben teljesen lefedték a szolnoki térképlapot, 1965-ben a kunszentmártonit és 1966-ban a szentesit, évente kb. 1500 km<sup>2</sup> területet. A nagy mélységű elektromos dipól-ekvatoriális szondázások egy évvel később követték a tellurikát, miközben a szeizmikus mérések alig maradtak el a nagy mélységű szondázások mögött. Az Alföldön a fentebb vázolt előkutatási elvek helyes alkalmazásával két év alatt megvalósult a kutatások logikus sorrendje.

A komplex geofizikai mérési programban 1966-ban gyökeres változást hozott az algyői olajmező felfedezése (egy vízfúrásból váratlanul kőolaj tört fel). Ezután az olajipar a Dél-Alföld szeizmikus kutatását saját kezébe vette, és az ELGI szeizmikus mérései már nem jutottak el a Szentestől délre eső területre, hanem keleti irányban a Hajdúság és Nyírség területének kutatására adtak megbízást. A geoelektromos kutatás szerencséjére a tellurikus és dipólszondázó mérésekre ez a területi változás nem vonatkozott, és e módszer legnagyobb hazai sikerét az intézet olajipari megbízása alapján érte el éppen a *Makói-árok* és a *Békési-medence* területén.

A Makói-árok és az attól ÉK-re a Békési-medence a gravitációs Bouguer-anomáliatérképen maximum, a két medence közti Pusztaföldvár–Battonya aljzat-kiemelkedés egy hatalmas gravitációs minimum. A két nagy mélységű medence

létét az OKGT Szeizmikus Üzemének ToR jelű refrakciós szelvényei jelezték, de 3500 m-nél nagyobb mélységből a már ismertetett okok miatt az aljzatról nem adtak megfelelő eredményt. Az említett medencéket a tellurikus mérések elsőként térképezték, és a dipól-ekvatoriális szondázásokból nyert adatokkal korrigálva az első, ma is hiteles, áttekinthető medenceszerkezeti és mélységtérképet az ELGI által végzett mérések szolgáltatták (4-1. ábra)<sup>3)</sup>.

Érdekes jelenség, hogy az Alföldön a felső kréta – paleogén flis jellegű összlet kis fajlagos ellenállású. Elektromos paraméterei nem különböznek a miocén korú kőzetekétől. Ennek következtében az „elektromos aljzat” mélysége az ilyen területeken nagyobb a preterciernél. Ez érvényes a Békési-medence É-i részére is, de Kiskunfélegyháza vagy Zagyarékas környékére is. Szénás György főgeológus ezt felismerve nevezte az „elektromos aljzatot” pre-ausztiai aljzatnak. (mivel az ausztiai hegységképződéssel összefüggő mozgások az alsó–felső kréta határán történtek).

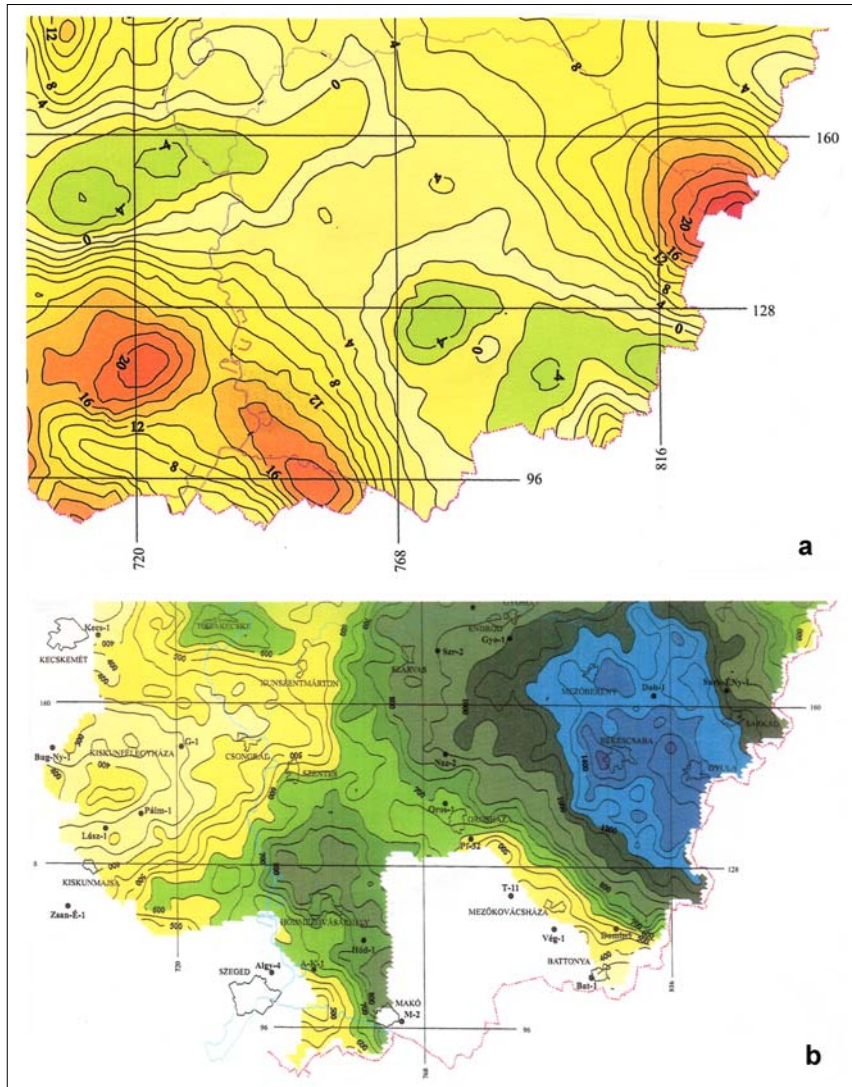
Az 1980-as évek alföldi elektromos kutatásai már digitális tellurikus és magnetotellurikus módszerekkel folytak, sokkal nagyobb felbontással, megbízhatósággal. A tellurikus méréseknél ez azt is lehetővé tette, hogy térképeinken az ún. anizotrópiaellipsziseket is ábrázolhassuk, ami a jelentős szerkezeti vagy kőzetani változásokat teszi szemléletessé.

Erre példa a Polgár környéki izoarea- ún. „tojás” térkép. Érdekessége, hogy az ellipszisek nagyságának, irányának észrevehető változásai olyan helyen tapasztalhatók, ahol az aljzاتمélység változása nem kifejezetten jelentős. Ez a jelenség olyan zónát jelez, ahol a térkép É-i felén az üledéksor meghatározó képződménye az oligocén agyag, és a D-i felén a sokkal kisebb fajlagos ellenállású pannon agyagos összlet települt. Az anizotrópiaellipszisek jól érzékeltetik a paleogén/pannóniai határt. A nagy ellipszisek irányítottsága, excentricitása és nagysága is más, mint É-on vagy D-en. A déli részen az ellipszisek sokkal kisebbek és K–Ny irányúak. Az Emőd–Tiszauc irányú határoló vonaltól É-ra nagyobbak, kerekesebbek a kisebb aljzاتمélység és a pannóniai nagyobb üledékellenállás miatt.

Az Alföld geoelektromos kutatási eredményei közt meg kell említeni még elsősorban a regionális vízkutatási programokat (pl. Maros hordalékkúp, Mohácsi-sziget), vagy a kisebb helyi vízművek létesítéséhez végzett elektromos szondázásokat és az árvízvédelmi gátak vizsgálatát vagy számos környezetvédelmi

---

<sup>3)</sup> Az ellentmondás magyarázata, hogy míg a tellurikus kép a pre-ausztiai aljzat mélységét jelzi, addig a gravitációs ható egy sokkal mélyebben található asztenoszféra-felboltozódás.



4-1. ábra. A Makói-árok és a Békési-medence Bouguer-anomália- és tellurikusvezetőképesség-térképe. a) A DK-Alföld gravitációs Bouguer-anomáliatérképe, b) a DK-Alföld tellurikusvezetőképesség-térképe. A Békési-medence Bouguer-anomáliatérképén kiemelkedés látszik ott, ahol a tellurikus mérésekből szerkesztett vezetőképesség-térkép ezzel ellentétben igen nagy mélységű (7-8 km) medencét jelez



4-2. ábra. A Polgár környéki tellurikus „tojás” térkép. Ez a térkép Csörgei József számítógépes programjaival készült

célú kutatást is. A magnetotellurika természetesen a kéreg–köpeny kutató OTKA programokban is szerephez jutott. Ezeket az eredményeket részletesen a módszertani fejezetek tartalmazzák.

#### 4.1.1.4. Szeizmikus mérések

A méréseket 1964-től a Szeizmikus Osztály Síkvidéki Főcsoportja hajtotta végre. Az ELGI székházának felépülését követően (1970) létrejött a Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály *Posgay Károly* vezetésével és azon belül a Síkvidéki Főcsoportból alakult Mélyszerkezetkutató Osztály (osztályvezető *Polcz Iván*). Feladata volt a kőolajipari megbízásból végzett mérések szerződéseinek előkészítése, a tervezés és lebonyolítás, a mérési adatok feldolgozása, értelmezése, a komplex kutatási jelentés összeállítása szoros együttműködésben a társosztályok kutatóival. A későbbi évek során a kutatások az Alföld különböző tájegységein 1992-ig folytak az Országos Kőolaj és Gázipari Tröszttel (OKGT), illetve annak átalakulása után a MOL Rt.-vel kötött szerződések keretében.

Az 1964. évi szeizmikus kutatást az intézettörténet I. kötete mutatja be. A következő évben a szolnoki 100 000-es térképlap területén a méréseket tovább folytattuk. Az analóg mágneses regisztrálású és szélesebb dinamikatartományt átfogó szeizmikus műszer (FM-20) és az ehhez tartozó jelanalizátor jelentősen nagyobb mélységi lehatolást és jobb jel-felbontóképességet biztosított a korábban használt hagyományos berendezésekhez viszonyítva. A jobb frekvenciaszűrés elősegítette a kiékelődések és a finomabb szerkezeti elemek felismerését. Ez az előny a pannóniai korú és az idősebb kőzetek kutatásában komoly előrelépéshez vezetett, mert lehetővé vált a kőzetösszletek finomabb szerkezeti vizsgálata, és sikerült elválasztani az eltérő településű egységeket egymástól.<sup>4)</sup>

A szeizmikus adatfeldolgozásban reflexiós időszelvény szerkesztésére ekkor még nem volt lehetőség. A mélység-szelvényeket a jelanalizátor segítségével a papírra írt szeizmogramokon szeizmogramról szeizmogramra gondosan átkorrelált reflexiós jelek sugárdiagramos szerkesztésével készítettük el. A sugárdiagramokat a kutatási terület közelítő sebességviszonyai szerint szerkesztettük.

A kezdeti eredményeket összefoglalva a kutatás területén a neogén összleten belül meghatároztunk néhány, eddig nem ismert kiemelkedést és mélyzónát, továbbá ismert kiemelkedések helyét pontosítottuk. A töréses szerkezeti elemek újszerű kutatása és értelmezése elősegítette az alföldi nagytektonika egyre jobb

---

<sup>4)</sup> Az új műszer által nyújtott módszertani többletet az 1963. évi Kisújszállás–Szolnok közötti kísérleti mérés meggyőzően igazolta. A kísérleti mérés *Molnár Károly* műszaki osztályvezető és *Rádlér Béla* főmérnök (OKGT SZKÜ) hathatós támogatásával valósult meg. Az eredmény az OKGT és az Intézet közötti sikeres kutatási együttműködés alapját vetette meg.

megismerését. A neogén összletben talált törések kimutatása komoly vita tárgyát képezte, mert a kőolajipar földtani szakemberei az üledékes medencéken belül töréseket nem tartottak valószínűnek (ld. AM-63/4c és Ab-64/3 reflexiós mélységszelvények, *Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I.*, 99. ábra).

A komplex kutatási eredmények alapján javaslat született néhány kiemelkedés fúrásos kutatására is Szolnok–Zagyvarékas, továbbá Szolnok–Hajtótanya között, az eddig felméretlen vezsenyi Tisza-kanyar, a kengyeli kiemelkedés és a Kispó vidéki depresszió továbbkutatására (Kilényi 1966).

A kutatás területén felvonultatott valamennyi kutatási ág több módszertani eredménnyel gazdagodott. Ezek: a gravitáció körében az analitikus lefelé folytatásos mélységtérképek szerkesztése, a földmágneses hatók számítási eredményei, a komplex geoelektromos módszer alkalmazása az Alföldön, melyen belül Magyarországon első ízben végeztünk 2,5–5 km mélységű DE szondázásokat és tellurikus frekvenciaszondázást. A magnetofonos szeizmikus műszer első hazai alkalmazása és a műszer lehetőségeinek kihasználása mind a pannóniai, mind a mélyebb összletek részletesebb kutatása, a pre-ausztriai aljzat térképezésére tett kísérlet új módszertani lépés volt.

A MÁFI térképező csoportjával folytatott együttműködésben egymás kutatási eredményeit kevésbé tudtuk kölcsönösen kiaknázni. Az ő feladatuk sekélyföldtani térképezés volt (Rónai et al. 1969). Ennek érdekében a térképlap területén négyzetkilométeres hálózat sarkain mélyített 10 m mélységű fúrásokból magmintákat vettek és azokat sokoldalúan elemezték. Ezzel ellentétesen a felsorolt és rutinszerűen művelt geofizikai módszerek elsősorban az aljzat kutatására, illetve a szeizmika még a pannóniai összlet bontására volt alkalmas, de a felső néhány 100 m-ről ezek a módszerek nem nyújtottak információt, és nem voltak alkalmasak a felső 10 m bontására. Létrehoztunk ugyan egy *Jósa Ernő* által vezetett, kis mélységű ellenállásmérő csoportot a felszín alatti 10 m-es tartomány kutatására, de a geológiai részleggel kialakított együttműködés kevésbé volt sikeres. Sajnos a MÁFI által kitérített 1500 m mélységű (végig magkihozattal működő) mélyszerkezet-kutató földtani alapfúrás esetében a geofizikusok javaslatait nem vette figyelembe, és a mélyfúrást a kutatási terület É-i szélére Jászladánynál telepítették. Előre látható volt, hogy a tervezett fúrási mélység nem éri el a geofizikai kutatások fontos vezérszintjeit, és a kutatási terület szélén korrelációra sem lesz alkalmas.

1966-ban a komplex geofizikai mérések Kecskemét–Kocsér–Tiszaöldvár–Békésszentandrás–Tisza-kürt, majd 1967-ben Kiskunfélegyháza–Szentés vonaláig folytatódtak átnézetes jelleggel. 1967-től módszertani előrelépésként a szeizmi-



kus reflexiós mérések minőségi javítására öttagú, csehszlovák gyártmányú geofon csoportokat sikerült alkalmazni. A geofon csoport jobb jel/zaj viszonyú reflexiós beérkezéseket eredményezett (a felületi zavarhullámok csillapítása által). A komplex kutatások eredményeként további kutatásra és mélyfúrásos kutatásra ajánlottuk a Tiszaug–Tiszasas–Alpár irányában kirajzolódó szerkezetet és az Öcsöd–Kunszertmárton közötti kiemelt zónát (*Évi Jelentés* 1966, 1967).

1968-tól a szeizmikus méréseket az OKGT-vel kötött szerződés szerint Kelet-Magyarországon a Tiszafüred–Nagyiván–Hortobágy területen végeztük. Itt már az SZM-24+6 típusú, mágnesszalagos regisztrálású műszert alkalmaztuk, a 20 csatornás berendezést véglegesen kivontuk a használatból. Teljesen új módszertani lépés volt a többszörös fedésű észlelési rendszer kísérleti bevezetése, a reflexiós jelek közös referenciapontbeli összegzése,<sup>5)</sup> statikus és dinamikus javítással előállított időszelvények létrehozása. Erre két lehetőség nyílt: az OKGT SZKÜ CS-621 típusú, francia gyártmányú analóg központjában végezhető feldolgozás, a másik lehetőség az ELGI-ben időközben kifejlesztett egycsatornás digitális Minicentrum és szelvényíró (ld. a módszer- és műszerkutatásokat a 8.1. szakaszban, esetleg példák lehetnek még: *Évi Jelentés* 1970, 1971). Ezen a módon a mérések eredménye folyamatos reflexiós időszelvény formájában jelenhetett meg. A reflexiós szelvények kézi szerkesztése – több mint három évtizedes korszakot lezárva – befejeződött. A szelvényábrázolás ettől kezdve a nyugaton kizárólagosan alkalmazott korszerű követelményeknek megfelelően fejlődött.

A hortobágyi területen az intenzív felszíni zavarhullámok leküzdése elsőrendű feladat volt. Későbbi szeizmikus kutatások módszertani megalapozására szeizmikus zavarhullámmérések, geofon csoportosítási kísérletek és többszörös fedésű reflexiós kísérletek folytak. A szeizmikus mérések alapján elkészült a terület pannóniai aljzattérképe, valamint a szeizmikus refrakciós és geoelektromos tellurikus (TE) és nagy mélységű dipól-ekvatoriális szondázások (DE) mérések eredményeiből a pre-ausztriai aljzat átnézetes térképe (Kunmadaras–Újszentmargita a Hortobágy területén, 1968. ELGI *Évi Jelentés* 9. és 10. ábra).

A nyírségi módszertani kutatás a következő években (1969–1973) a Tisza–Szamos folyók vonaláig terjedt. A kutatást a következő megfontolások indokolták: a Nyírség Magyarország medenceterületeinek különleges felépítésű része. Eltérően az ismert medencemodelltől, melyben a szilárd pre-ausztriai aljzatra fiatalabb korú üledékes összletek települnek, az aljzatra nagy vastagságban felső

---

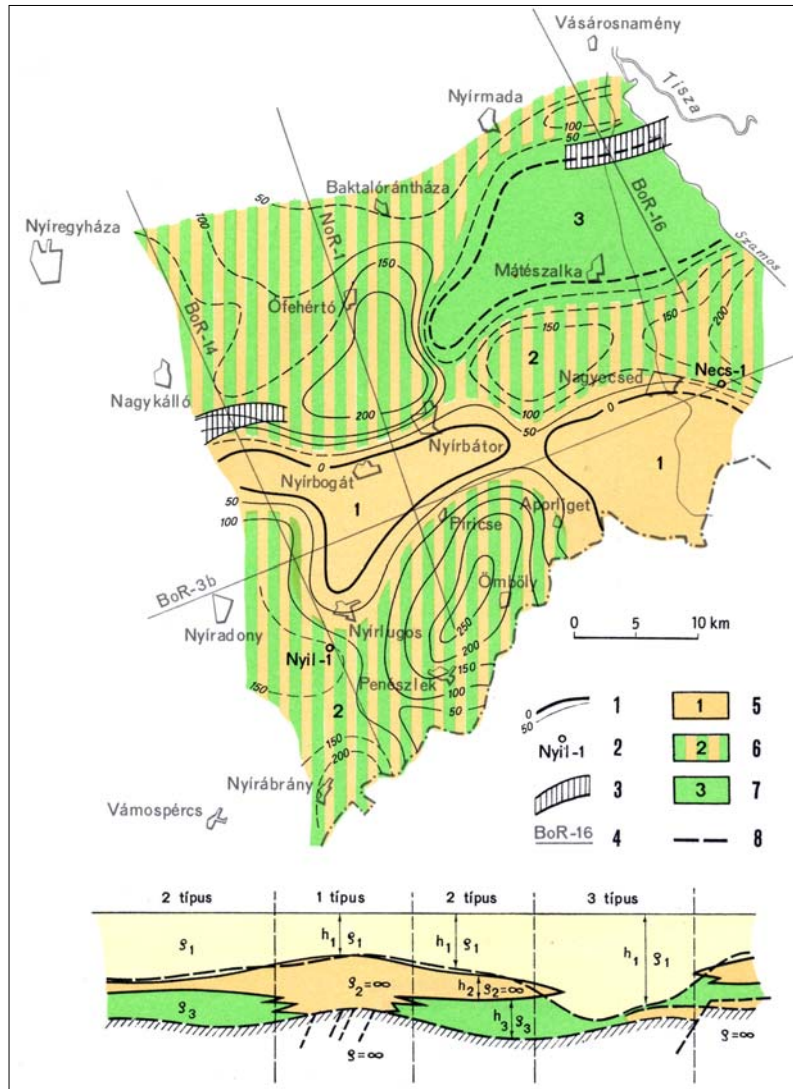
<sup>5)</sup> Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I., 190. o.

kréta – paleogén flis jellegű és azokat a geofizikai kutatás számára „árnyékoló” miocén korú vulkáni kőzetek rakódtak le. A teljes pliocén üledéksor vastagsága legfeljebb 2,5 km. Sajnos a terület csekély számú mélyfúrása miocén vagy felső kréta vulkáni kőzetekben állt meg, a pre-ausztriai aljzat elérése nélkül. E problémák miatt szénhidrogén-előfordulás szempontjából a Nyírség alacsonyabb minősítést kapott. A kutatási feladatban megfogalmazott kérdés arra várt választ, hogy *található-e valahol szénhidrogén-csapdázódásra alkalmas, megfelelően vastag üledékes miocén, flis vagy karbonátos mezozoikum a vulkáni kőzetektől félreeső területeken, vagy éppen azok alatt nagy mélységben vagy a kiemelkedésekhez illeszkedő kiékelődések területén.*

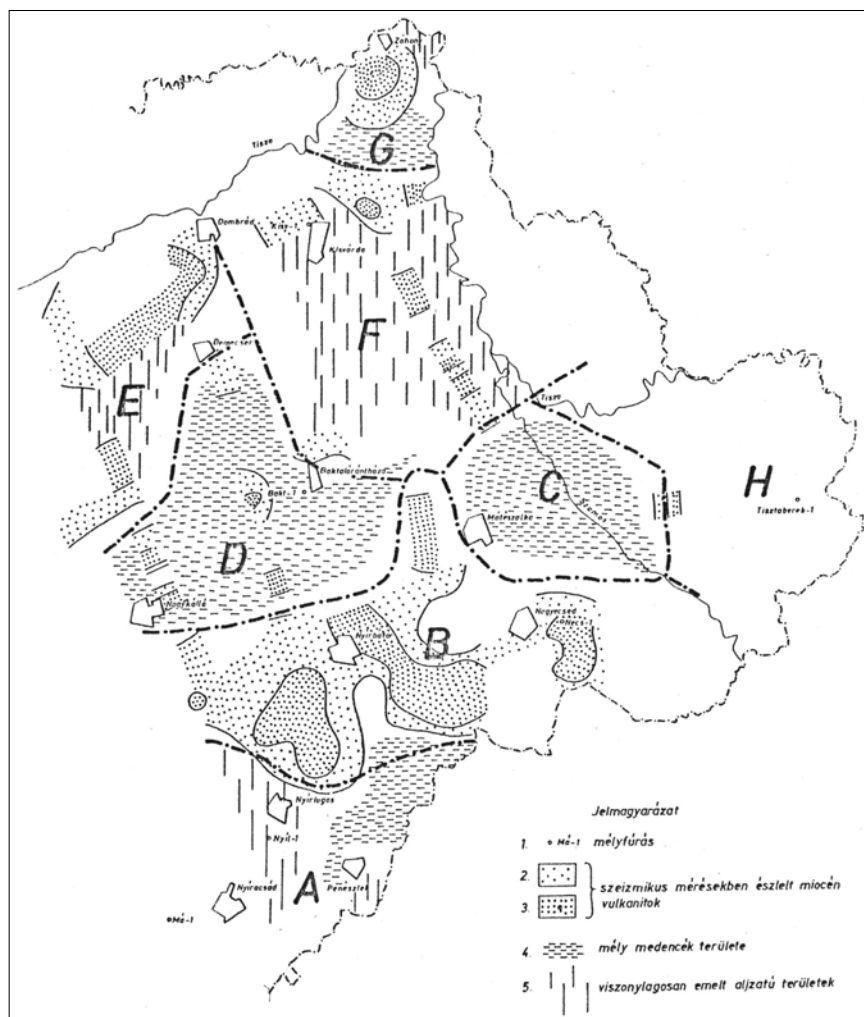
Az ÉK-magyarországi vulkanizmus geofizikai kutatásában nagy jelentősége volt az ELGI által végzett földi és légi mágneses méréseknek. Magyarország földmágneses térképein a Nyírség–Szatmár területrészt mágneses anomáliákban felűnően gazdag képet mutat. Posgay a „Magyarországi földmágneses hatók áttekintő vizsgálata” című munkájában (Posgay 1965) értelmezte a mágneses anomáliákat. Meghatározta a szuszeptibilitásértékeket és a felszíntől számított mélységeket, továbbá a hatók földtani korát. A kelet-magyarországi anomáliát okozó vulkáni testek döntő többségét (kivéve a kisvárdai hatót) miocén korú, andezites képződménynek minősítette.

A terület geofizikai tulajdonságaira vonatkozó másik lényeges ismeret az OKGT (Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt) BoR jelű regionális refrakciós méréseiből származott. A méréseket ismertető jelentés (Muravina et al. 1965) képet ad a medence felépítéséről, a medencealjzat határsebesség-értékeiről, melyek alapján kísérletet tettek a paleozoos és a mezozoos kőzetekből álló neogén aljzat elkülönítésére.

A nyírségi kutatásokban a geoelektromos mérőkomplexum (tellurikus (TE) és nagy mélységű dipól-ekvatoriális szondázások (DE)) kísérleti eredményei arra mutattak, hogy a mérőegyüttes csak a vulkáni kőzetek tetejéig alkalmazható az eruptív kőzetek árnyékoló hatása miatt. A pre-ausztriai korú aljzatkutatásnak gátat szabott a mágneses hatótestek árnyékoló hatása. Miután mintegy öt éven át állami kutatási keretből magnetotellurikus (MT) és elektromos térbeállás tranziens (EMT) módszerrel folytattunk kísérleti méréseket, bizonyos területrészekeken sikerült a *vulkanitok alá* is behatolni és meghatározni a területre érvényes elvi kutatási modellt, mely öt elkülöníthető kőzettartományt foglal magában. A területtípusokra jellemző elvi modell lehetővé teszi a kutatási területen előforduló mélyföldtani alakzatok leírását:



4-3. ábra. Geoelektromos területtípus térképe a nyírségi kutatási területen. *Jelmagyarázat:* 1 – a geoelektromos aljzat mélysége, 2 – mélyfúrás, 3 – törésszóna, 4 – az OKGT refrakciós vonalai, 5 – a geoelektromos aljzat a nagy ellenállású, miocén korú vulkáni összlet, 6 – a vulkanitok alatt megjelenik egy alsó, jól vezető összlet, 7 – a geoelektromos aljzat az idős, nagy ellenállású (pre-ausztriai korú) alaphegység, 8 – bizonytalan geoelektromos aljzat



4-4. ábra. A Nyírség földtani felosztása a geofizikai mérések alapján

Az elvi kutatási modell és a szeizmikus kísérleti mérések eredményei alapján született meg a kutatási terület földtani jellemzők szerinti felosztástérképe (Bodoky et al. 1977). Ez a földtérkép volt az előkutatások egyik legfontosabb eredménye, mert továbbkutatásra alkalmas területek kijelölését tette lehetővé, elsősorban a mátészalkai és a csengeri medence területén. Ömböly–Penészlek

térségében szénhidrogén-előfordulás is feltételezhető volt, mert a zavartalan üledékképződést vulkáni kőzetbetelepülések nem zavarták meg (a szénhidrogén-előfordulás feltételezését a későbbi fejlemények igazolták).

Több kísérleti eredmény is született a mérési paraméterek jövőbeni méretezésére. Ezek: zavarhullám-, jel/zaj-viszony-mérések, töltetmélység/töltetsúly kísérletek, észlelési rendszerek, geofonok alakzat és méret szerinti csoportosítása, Dix-Musgrave rendszerű sebességvizsgálatok, energiakeltési kísérletek, ezen belül robbantózsínóros energiakeltés.<sup>6)</sup>

1973-ban *Kisvárdá-Záhony-Komoró* vidékén az átnézetesnél részletesebb szeizmikus reflexiós kutatások tovább folytak. Itt már kizárólag terepi digitális adatgyűjtőt (SD-10/21) alkalmaztunk közös referenciapontos rendszerben végzett észlelésekhez. Jelentős eredményt hozott a szeizmikus vonalhálózat kiterjesztése a Záhony-Komoró területre is, mert a kőolajipar a Komorónál észlelt kiemelt aljzatú területen intézeti javaslatra mélyfúrást tűzött ki (Albu, Bodoky 1976). Ez a mélyfúrás a miocén vulkáni kőzetfácies alatti paleogén rétegeket átfúrva 3270 m-ben mezozoós (triász-anizusi) medencealjzatot ért. Ez nagyon jelentős földtani eredmény volt, mert végre egy mélyfúrás ezen a kutatási területen elérte az idős medence aljzatát, igazolva *Szepesházy Kálmán* alaphegységmodelljének feltételezését.<sup>7)</sup>

A nyírségi továbbkutatás 1973 után a Nagyecsed-1 mélyfúrás eredménytelensége miatt átmenetileg szünetelt. A fúrást az OKGT GKV BoR-14 jelű refrakciós szelvényen látható kiemelkedésre telepítették abban a reményben, hogy a  $\Delta Z$  mágneses térkép által is jelzett vulkáni összlet alatt elérik a refrakciós mérésekkel kimutatott nagy sebességű alaphegységet (Muravina et al. 1965). A Necs-1 jelű mélyfúrásban a pannóniai összlet alatt közel 3000 m (!) andezites vulkáni kőzet átfúrása után sem érték el a pre-ausztriai medence aljzatát. Az ELGI a fúrás kitűzése előtt a kijelölt helyen reflexiós szelvényt mérést végzett, a feldolgozott reflexiós szelvénykép a pannóniai összlet alatt egy vulkáni kúpot és az eruptívumokra jellemző kaotikus képet mutatva, ezért az

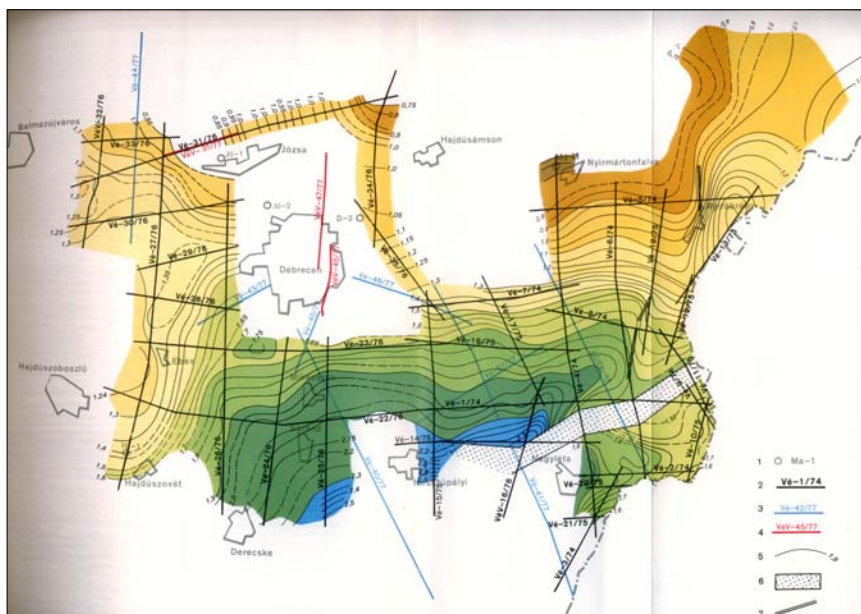
---

<sup>6)</sup> Egy jugoszláviai tanulmányúton tapasztalt energiakeltő eljárás hazai alkalmazásával sikeres kísérleti méréseket végeztek a talajba szántott robbantózsínór alkalmazásával. Ezzel az eljárással robbantási pontok lefűrására nem volt szükség. Természetesen ez az energiakeltési eljárás a mezőgazdasági károkozás miatt csak korlátozott területeken (expedíciók esetén, sivatagokban) alkalmazható.

<sup>7)</sup> *Szepesházy Kálmán* (MÁFI) feltételezése azon alapult, hogy a gelénesi fúrásban (Komorótól 20 km-re DK irányban) a vulkáni kőzetekben *Pantó Gábor* (MÁFI) által talált mészkőzárványt komoly előjelnek tartotta a nagyobb területű előfordulásra. A mélyfúrás ezt igazolta.

ELGI a mágneses anomáliára kitűzött fúrás lemélyítését határozottan ellenezte, sajnos eredménytelenül.<sup>8)</sup>

1974-től az átnézetes kutatási feladatok a Hajdúság területére irányultak a Balmazújváros, Hajdúszoboszló, Debrecen, Hosszúpályi, Nagyléta, Nyírábrány, Debrecen helységekkel határolt területen. Az 1974–1977 időszakban az itt végzett geofizikai mérések változatlanul fokozatosan fejlődő módszertani geoelektromos és szeizmikus alapokra épültek. A terepi mérésekben már kizárólag az SDT 10/21 adatgyűjtő volt alkalmazásban többszörös fedésű közös mélységpontos rendszerben 20 tagú szeizmométer-csoporttal. A mérések későbbi időszakában megkezdődött a vibroszeiz módszer alakamazása, többek között Debrecen város

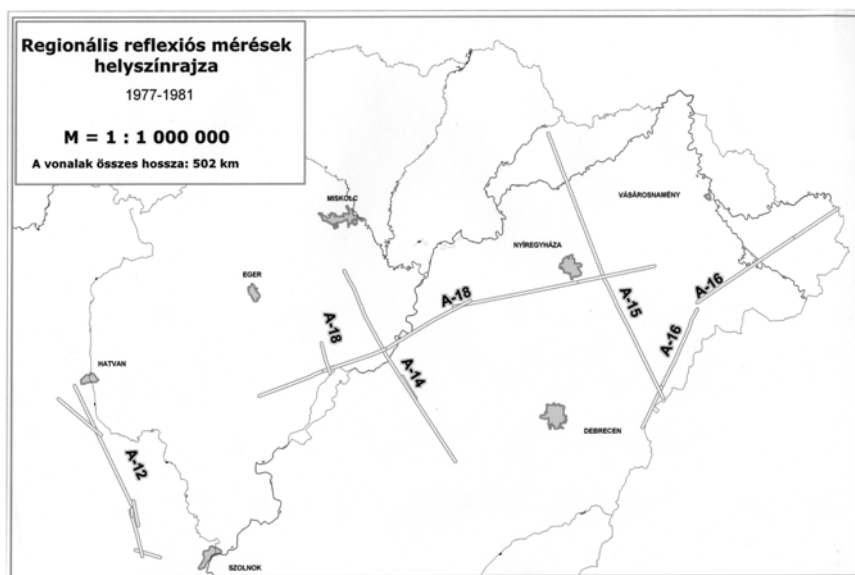


4-5. ábra. Hajdúsági terület pannóniai medencealjzatának időtérképe a szeizmikus mérések alapján. *Jelmagyarázat:* 1 – mélyfúrás, 2 – 1974–1975. évi szelvény, 3 – 1976. évi szelvény, 4 – 1976. évi vibroszeiz eljárással mért szelvény, 5 – izovonal (s), 6 – mozgási övezet, 7 – törésvonal

<sup>8)</sup> „Vulkáni kúrtót fogtok fúrni!” – figyelmeztette az OKGT fúrást eldöntő szakembereit Posgay Károly, ám később a kútönyvben nem kis meglepetésünkre az szerepelt, hogy a fúrás helyét az ELGI javasolta.

beépített területén is. Az időszelvény létrehozásában is jelentős változás következett be a színes nyomtatás bevezetésével, ami lehetővé tette – mintegy harmadik dimenzióként – a szeizmikában fontos paraméter, a jelamplitúdó méretének folyamatos ábrázolását. A kutatási terület pannóniai medencealjzat-térképét a 4-5. ábrán mutatjuk be. A hajdúsági mérések néhány, szénhidrogén-tárolásra alkalmas szekezetet is kimutattunk (pl. Álmosd), és jelentős tektonikai jelenségekre is rávilágítottunk, mint az ún. „mozgási övezet” a Hosszúpályi–Nagyléta csapásirány mentén. Ez a jelenség az üledékösszletben kialakult oldaleltolódásos, vetődéses rendszer, melynek sajátos karaktere csak időszelvény-ábrázolásban ismerhető fel, a hagyományos szelvénytérképezési mód csupán kaotikus zavarokat jelez a fiatal pannóniai szintekben (az ábrán ÉK–DNY irányú, sűrűn pontozott sáv jelzi ezt).

A hajdúsági kutatásokkal egy időben az OKGT-ben határozat született „Az ország természeti erőforrásainak kutatása és feltárása” címmel. A tárcaszintű kutatási főirány keretében országos szeizmikus *regionális* vonalhálózatot szán-



4-6. ábra. A tárcaszintű regionális reflexiós mérések helyszínrajza. A Nagyalföldön és Kelet-Magyarországon mért regionális szeizmikus reflexiós vonalak teljes földrajzi hossza 502 km

dékoztak kialakítani a szénhidrogén-prognózis geofizikai megalapozására, elsőrendű célkitűzésként a medencealjzat szerkezeti viszonyainak kutatását jelölték meg. A regionális vonalakat úgy tervezték, hogy fontos mélyfúrásokat kössenek össze egymással. OKGT megbízás alapján az 1977–1982 időszakban a következő regionális reflexiós vonalakat mértük le: A-12: Hatvan–Cegléd, A-14: Emőd–Nádudvar, A-18: Heves–Nagykálló, A-15: Sárospatak–Nyírábrány, A-16: Nyírábrány–Füzesgyarmat–országhatár.

A területi kutatások folytatásaként 1978-ban *Abony–Szolnok* területén 250 km hosszúságú szelvényhálózatot mértünk le. Az 1964–1965. évi mérések-nél korszerűbb digitális technika eredményei alapján a pannóniai összletekben lencsés szerkezeti előfordulásokat, sztratigráfiai anomáliákat határoztunk meg, továbbkutatásra és fúrásra alkalmas területeket jelöltünk ki. Az új digitális technikával végzett mérés haszna és jelentősége 10 évvel később, 1988-ban, a Szolnok környéki szeizmikus mérések teljes reambulációs vizsgálatánál vált nyilvánvalóvá.

A *Hortobágyi Nemzeti Park* területének egy részét az 50-es évektől kezdve szeizmikusan „néma” zónának minősítettük, mert reflexiós beérkezéseket nem sikerült észlelni. A területen 1978-ban indított komplex geofizikai kutatás hálózatkiegészítő gravitációs, magnetotellurikus (MT) és szeizmikus reflexiós méréseket foglalt magában. Megállapítottuk, hogy a szeizmikus „némaság” okát a felszínhez közeli rétegek sajátos felépítése okozza, mert a rengéskeltési energia zöme felszíni zavarhullámok gerjesztésére fordítódik. A vibrátorcsoportosítás és speciális vibrojel (sweep) alkalmazása némely helyen összefüggő reflexiók megjelenítést tette lehetővé, illetve jó eredményeket adott az ún. oldallövéses mérési elrendezés is (Bodoky et al. 1980).

A néma zóna terület szeizmikus továbbkutatásában a GKV kutatói érték el figyelemre méltó eredményt az 1985–1987 között végzett kísérleti mérések során. A néma zóna jelenséget megállapításuk szerint a rendkívül alacsony sebességű felszín alatti rétegek gyors változásai hozzák létre, amit csak a szokástól eltérő, szokatlan nagy méretű statikus időkorrekciókkal lehet kiegyenlíteni és ezen az úton értelmezhető szeizmikus időszelvényt létrehozni (Kőrös et al. 1989).

A *Baktalórántháza* környékén (belső-nyírségi medence) végzett mérések (33 km szeizmikus szelvényhossz) az 1970-ben végrehajtott áttekintő mérések során felfedezett neogén kiemelkedés részletező kutatását célozták. A mérések eredményeként a pannóniai medencealjzat záródását sikerült megerősíteni (Albu 1982). A kiemelkedés környezetében miocén vulkanizmusra utaló nyomok

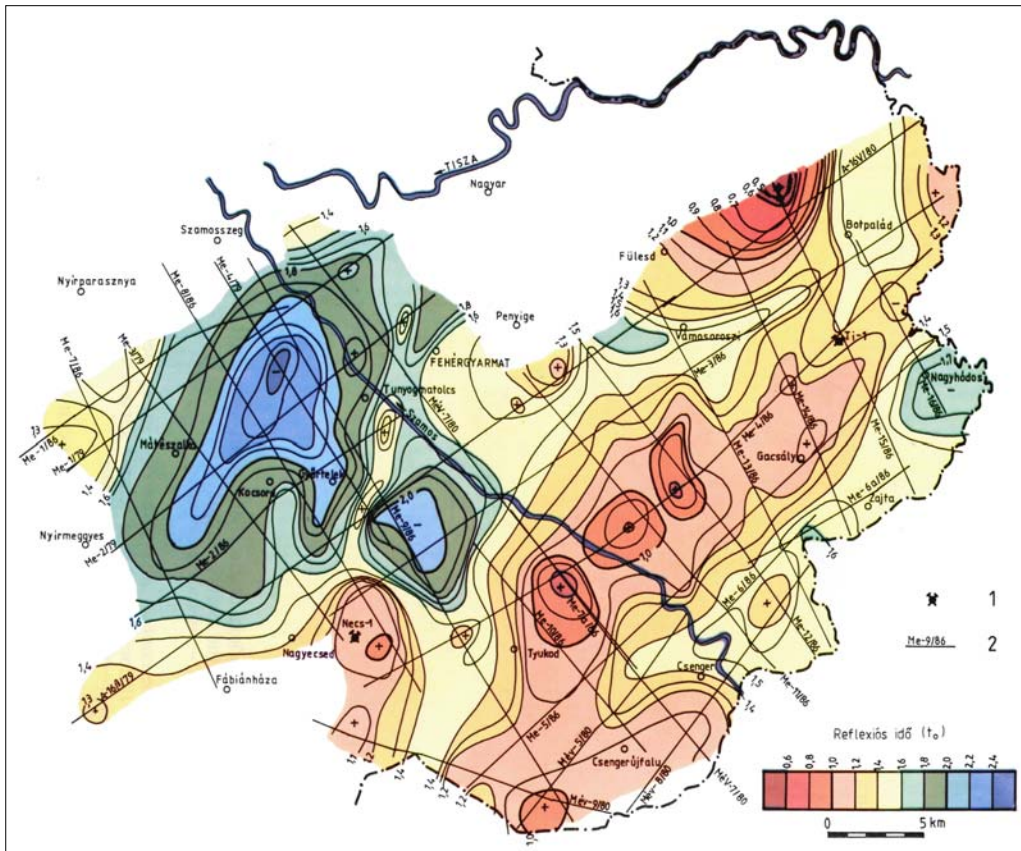


a szeizmikus szelvényekben nem mutatkoztak. 1984-ben a szerkezetre telepített kutatófúrás a pannóniai rétegsorokat átfúrva 1700 m-től miocén agglomerátumokat, tufás kőzeteket tárt fel, és szénhidrogén-találat szempontjából meddőnek bizonyult.

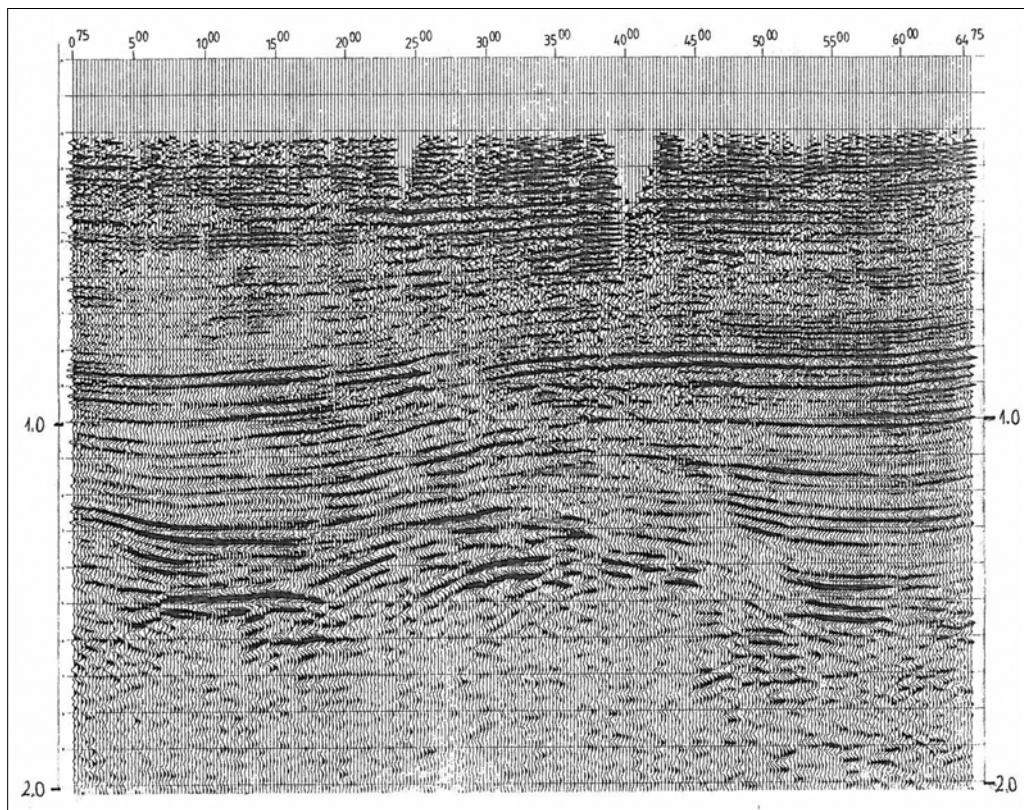
Az *Ömböly–Penészlek* terület a hajdúsági neogén medence délkeleti részén helyezkedik el az országhatár mentén, kiterjedése kb. 150 km<sup>2</sup>. A környezetéhez viszonyított kiemelkedését már az 1968–1973 időszakban végzett előzetes nyírségi komplex kutatások is jelezték vulkáni betelepülésektől mentes üledékképződéssel együtt, és a szénhidrogén-perspektivitásra is rámutattak. A kőolajipar ezen a területen az előkutatásokat a határ menti romániai furások eredményessége láttán kezdte meg a Pen-1 mélyfúrás mélyítésével, majd ezt követően megbízta az Intézetet a mélyföldtani szerkezet részletes felderítésével. A méréseket az időközben beszerzett DFS-V Texas Instruments adatgyűjtő műszerrel végeztük harmincszoros közös refrenciapontos rendszerben. A mérésekkel egy időben folyó fúrásos kutatás eredményesnek bizonyult, éghetőgáz-telepeket sikerült felfedezni. Emiatt szükségessé vált a kutatás nagyobb területre való kitejesztése az Ömböly községtől északra eső területig. A gravitációs, mágneses térképek DNy–ÉK csapásirányú szerkezeti irányokat mutattak, a terület geoelektromos szempontból sem esett vulkanikus kőzetek által árnyékolat zónába.

A szeizmikus és mélyfúrási eredmények együttes tanúsága szerint a kutatási terület jellemző vonása a pannóniai aljzat kiemelt szerkezeti helyzete. A neogén üledékek aljzatában paleogén, paleogén – felső kréta tektonizált flis összlet található, amelyre – mint igen éles diszkordancia határra – bádeni, szarmata és pliocén képződmények települnek. A flis összletet nem fúrták át, fekvését sem kutatták. A szeizmikus reflexiós mérési szelvények szeizmosztratigráfiai ismervek alapján az üledékes rétegsor szerkezeti képét rendkívül jól képezték le. Természetesen az eredményességhez hozzájárult a teljesen korszerű SZCSz-3 programrendszer alkalmazása az R-35 számítógépen és a szeizmosztratigráfia irodalmának alapos tanulmányozása. A mélyfúrások tanúsága szerint az alsó pannóniai képződmények vastagsága ezen a területen 50–115 m között változik. Az elvégzett vizsgálatok alapján azt állapították meg, hogy a terület egyetlen reményteljes zónája számata korú kőzetréteg felső szinttája, mely homokköves (tufás) és mészmárgás, kisebb mértékben mészköves. A szeizmikus mérések közben újabb kutatásra alkalmas szerkezeteket is jeleztek, ezekre 1556–2000 m talpmélységű újabb fúrásokat tűztek ki.

A nyírségi geofizikai kutatások és az időközben lefűrt mélyfűrésok alapján levonható időszerű következtetéseket Völgyi László főgeológus a „Nyírség potenciális szénhidrogén-földtana” c. dolgozatában foglalta össze (Völgyi 1984). Dolgozatában alapvető szerep jutott az ELGI „A Nyírség földtani felosztása” c. összefoglaló térképvázlatnak. Megállapítja, hogy a nyírségi nagyszámú mágneses anomália nem tekinthető szerkezeti indikációnak, mert azok egyrészt nem jelzik a savanyú vulkáni kőzeteket, másrészt a valóban vulkáni centrumok fedő üledéke kis vastagságú, és szénhidrogén-földtanilag érdektelen. A mélymedencék területei: Nagykálló–Baktalórátáza, Mátészalka, Csenget–Tisztaberek kutatását tartotta indokoltnak.



4-7. ábra. A mátészalkai medence és a Szatmári-síkság pannóniai aljzataként értelmezett határfelület időtérképe. *Jelmagyarázat:* 1 – mélyfűrés, 2 – szeizmikus mérővonal



4-8. ábra. A csengersimai szerkezet szeizmikus képe (Csa-1/88 reflexiós szelvény)

Az 1979–1981 időszakban ismét előtérbe került a Nyírség továbbkutatása, ezen belül a *mátészalkai medence* és a *Szatmári-síkság* déli részének határ menti felderítése a Nyírábrány-1 fúrástól kiindulva a keleti országhatárig, 185 km szelvényhosszban (Polcz 1982). A feladatot részben robbantásos, részben vibroseis energiakeltéssel oldottuk meg. Ezt a szelvényhálózatot sűríti és egészítik ki Tiszaberek és Botpalád irányában az 1986-ban végzett újabb mérés. A két külön időszakban végzett mérés anyagából összefoglaló jelentés készült, ebben a pannóniai aljzat reflexiós időtérképét és a mezozoós vagy annál idősebb aljzat szintvonalas mélységtérképét (Kilényi et al 1989) szekesztették meg.

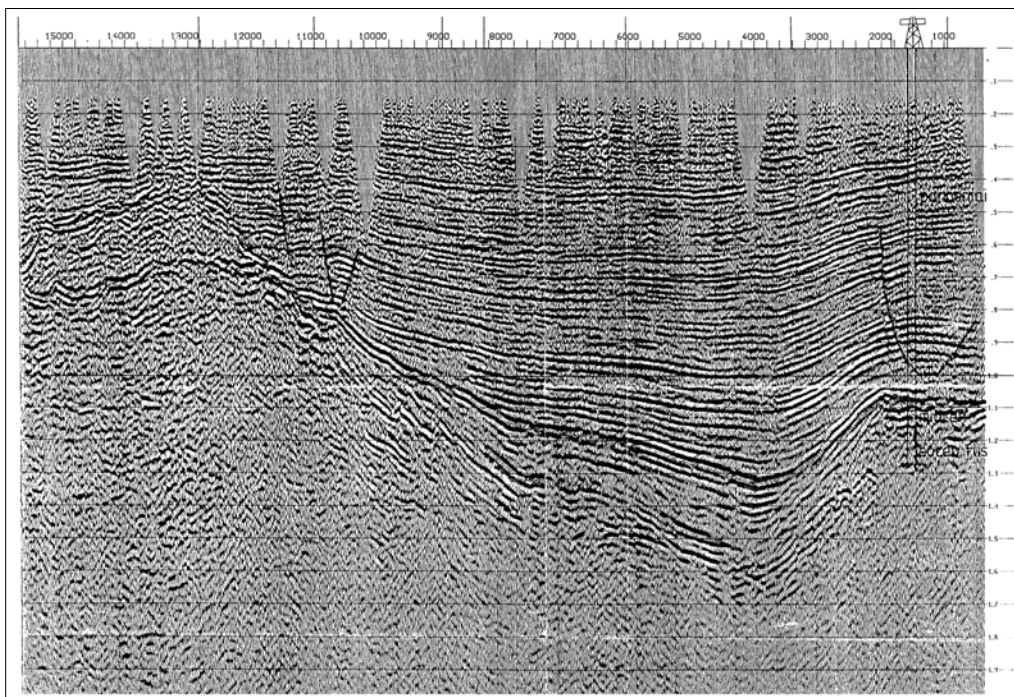
Az értelmezés igazolta a régebbi megállapítást, miszerint a terület legmélyebb medenceszerkezete Mátészalka közelében, attól ÉK-re található. Korábbi

megállapításoknak megfelelően itt földmágneses, szeizmikus és geoelektromos ismérvek szempontjából andezitvulkánosságra utaló mélybeni kőzetek jelenléte és árnyékoló hatás nem jellemzi. Ebből adódóan a medence és környezete részletesebb geofizikai kutatása feltétlenül indokoltnak látszott, különös tekintettel a kiékelődő rétegjelenségek eddig elhanyagolt mélyfúrásos vizsgálatára. A mérési anyag egységes feldolgozását követő értelmezés után várható volt, hogy a korábbi eredménytelenség miatt holtpontra jutott kutatás újabb lendületet kaphat. Sajnos nem így történt, ugyanis a *szamossályi* és *gacsályi* kiemelkedésekre telepített fúrások eredménytelenül fejeződtek be. A kitűzéskor a nagyecsed-i tapasztalatokat nem vették figyelembe. A földmágneses anomáliakép alapján látható volt a 25 km hosszban elnyúló Tyukod–Gacsály csapású kiemelkedő gerincen az andezitvulkanizmus hatása. A vastag üledékkal fedett kiékelődési zónákra és a mátészalkai medence kutatására ismételt javaslatok ellenére sem tűztek ki kutatófúrást (Völgyi 1984, Nemesi et al.1996).

Szamosbecstől keletre, Csengersima mellett kimutatott lokális kiemelkedésre 7 db rövid, összesen 35 km szelvényhosszú részletező hálózatot telepítettünk. A kedvezőnek ítélt jelek ellenére (a földmágneses  $\Delta T$  térkép anomáliát nem jelezett, a geoelektromos mérések nem mutattak ki számba vehető árnyékoló hatást, a kiemelkedés szeizmikus jellege is eltért a vulkáni kőzetekre utaló jellegtől) a mélyfúrás szénhidrogén-találat szempontjából negatív eredménnyel zárult (Polcz, Kántor 1989).

A kőolajipari megbízások sorában a kelet-magyarországi szeizmikus kutatások utolsó fejezetét a *Hajdúsámson–Nyírábrány–Penészlek* terület hálózatkiegészítő mérése képviselte. A terepi mérésekre 1991-ben került sor abból a célból, hogy a terület környezetében korábban végzett szeizmikus mérések szelvényhálózata (a Kőolajipar által mért „Ny” és az ELGI által mért „Pe” jelű szelvények) összefüggő hálózatot alkosson. A méréseket MDS-16 120 csatornás adatgyűjtővel végeztük, a lemért vonalhossza 168 km 10 szelvény mentén.

A mérési terület nyugati zónáját miocén vulkáni eruptivumok, keleten vulkanoszedimentek uralják. A nyújtott léptékű szeizmikus szelvény rendkívül jól mutatja a K-felé mélyülő neogén üledékekkel kitöltött depressziót. A szelvény keleti része a penészleki magaslat meredek oldalához illeszkedik, és „szövet-szerkezeti” képe nem utal kaotikus vulkáni kőzetek jelenlétre. A nyugati (bal oldali) szárny ezzel ellentétben jól felismerhető miocén vulkánikus kőzetekkel takart kiemelkedéshez támaszkodik. Ez a szeizmikus szelvény rendkívül jól érzékeleti a nyírségi földtani kutatás alapkérdését.



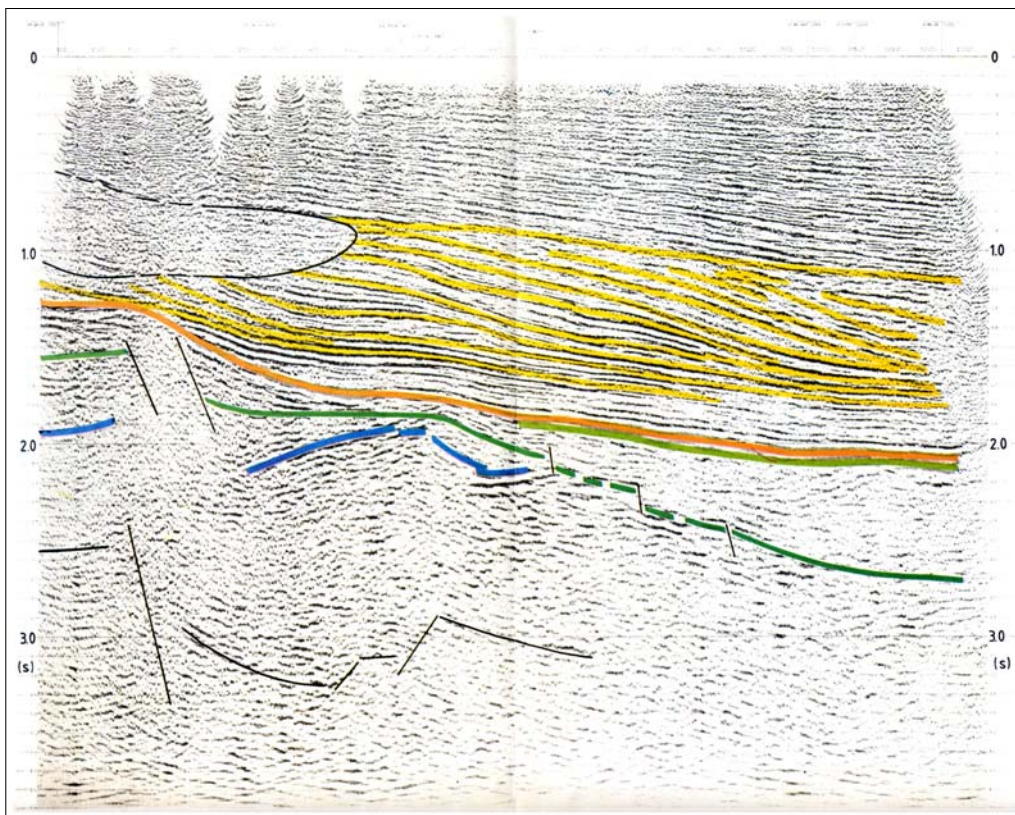
4-9. ábra. Kelet–Nyugat csapású szeizmikus szelvény egy tipikus eruptív kőzetkiemelkedést és a penészleki szerkezetet összekötő vonalban

Az 1969–1991 időszakban végzett kelet-magyarországi (Hajdúság és Nyírség) szeizmikus mérések teljes szelvényhálózata 2067 km.

#### 4.1.2. Egyéb alföldi geofizikai kutatások

Szerkezetkutató méréseket a kelet-magyarországiaktól eltérően más alföldi területeken is végeztünk. Ezekben a megbízásokban az ELGI szerepet kapott a Világbank által támogatott szénhidrogén-program szerkezetkutató munkáinak végrehajtásában. A *Kecskemét–Dél–Kunszállás–Kiskunfélegyháza–Gátér–Alpár* területén a kutatás feladata a teljes rétegsor feltárása volt a pre-ausztriai medencealjzatig. A szeizmikus méréseket megelőzve a területen TE és MTS mérések voltak. A tellurikus képet a szerkezeti viszonyokon kívül jelentősen befolyásolta az üledékes összlet fajlagos ellenállásának nagymértékű, É–D irányú változása, melyhez hasonló változás az Alföld más területein mindeddig nem volt ismerte-





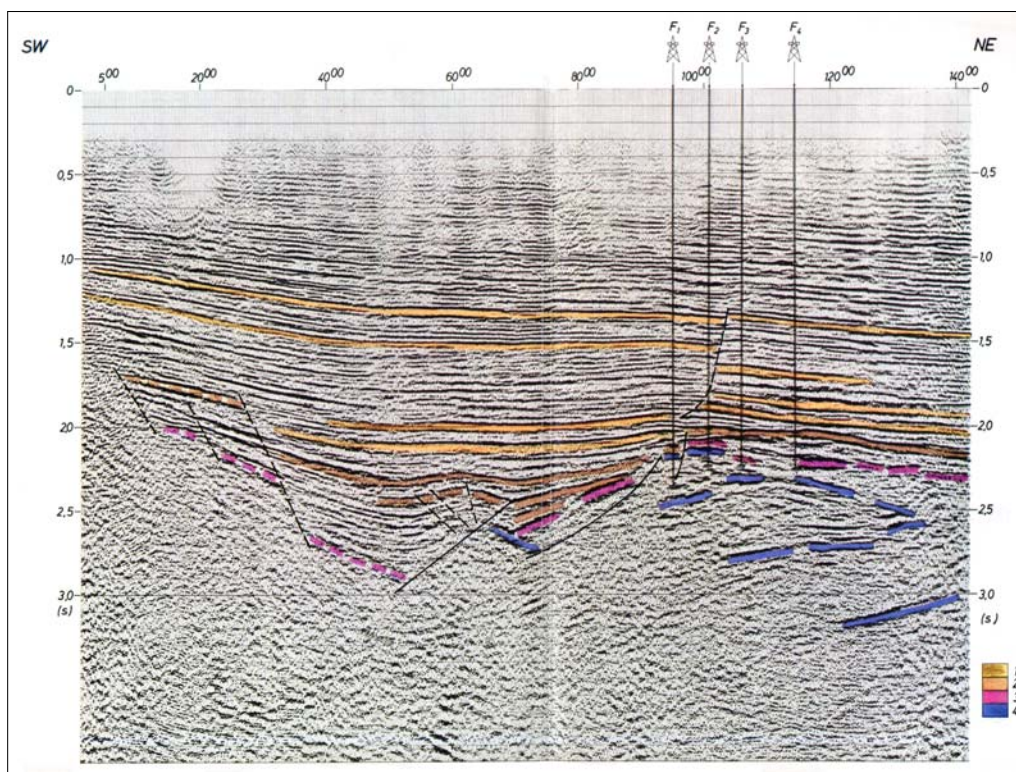
4-10. ábra. Ka-19/84 szeizmikus szelvény

tes. A szeizmikus mérésekhez a legkorszerűbb eszközöket vonultattuk fel. Terepen: robbantásos energiakeltés, 60 csatornás Texas Instruments DFS-V típusú adatgyűjtő, GSC-11 típusú digitális szeizmométerek 20 tagú csoportosítással. A feldolgozásban: R-35 és SZCSz-3 programcsomag és COROLPRESS színes szelvényíró. A mérési anyagból egy szelvényt (Ka-19/84) mutatunk be (4-10. ábra).

Ezen a kutatási területen a teljes neogén rétegsor, a miocén – felső kréta összlet, a pre-ausztiai medencealjzat és tektonizáltsága jól kutatható volt. A neogén rétegsoron belül jól látható, hogy a folyami deltaképződés lejtős rétegsor-kötegének rétegfejei jobbról-balra ráékelődnek vagy elvégződnek egy rendkívül markáns lencseszerű diszperz, alig vagy egyáltalában nem reflektáló képződmény alsó határára, illetve oldalára. Ez a kaotikusan rendezetlen belső szerke-

zetű képződmény eróziós diszkordanciára utaló, mélyföldtani szempontból rendkívül érdekes jelenség több párhuzamos szelvényben megfigyelhető volt. A szelvényt harántoló mélyfúrás adatai szerint ez az összlet mintegy 450 m vastag laza, széteső homokkő-sorozatból épül fel. A mérsek feldolgozása előtt még nem ismert markáns jelenséget Nyárlőrincz–Bugac irányban 17 km hosszban lehetett követni. A szekezettípus felismerése (Szeidovitzné, Polcz 1985) a mai korszerű pannóniai medencekutatásban jelentős szerepet kapott (Magyar 2010).

Itt említjük meg a *szeizmosztratigráfia* alkalmazásának bevezetését. Erre a korszerű digitális adatgyűjtés és számítógépes adatfeldolgozás korszerű lépései adtak lehetőséget a reflexiós szelvények digitális szűrése, a dekonvolúció alkalmazása és a migráció alkalmazásával. Az üledékes földtani szerkezetek



4-11. ábra. A VHE-11/84 vibroszeiz szeizmikus szelvény. *Jelmagyarázat:* 1 – pliocén, 2 – miocén, 3 – miocén (aljazatkőzet?) breccsa, 4 – prekambriumi kristályos pala

szeizmikus leképezése lehetővé tette az akusztikus impedanciaváltozások, diszkordanciák követését, a litológiai és fáciesértelmezést és a medencék süllyedés-történetének rekonstrukcióját. A Pannóniai-medencében is különösen jelentős az üledékfelhalmozódások vizsgálata, a progradációs deltasorozatok rétegtani viszonyainak tisztázása szénhidrogén-kutatás szempontjából.

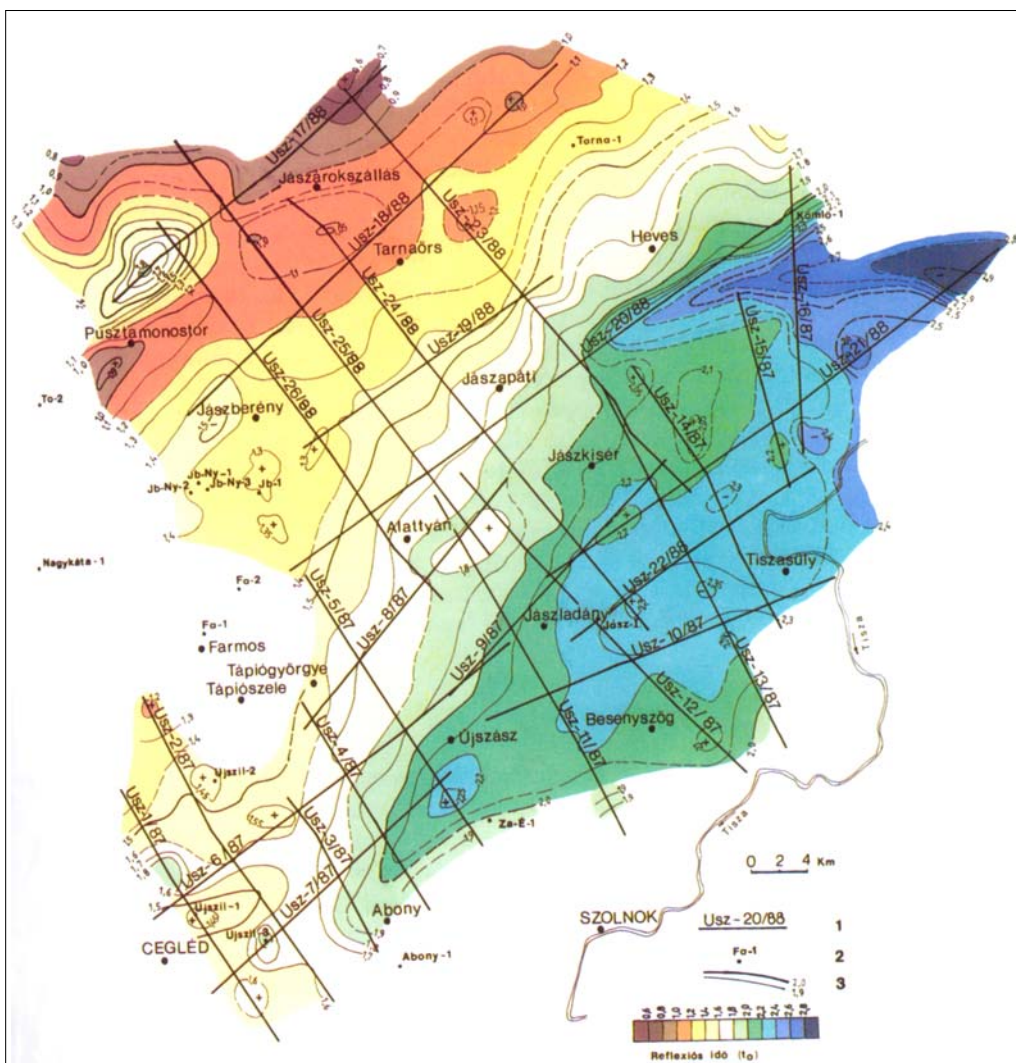
A Szeged–Újszentiván területére tervezett vibroszeizmikus méréseket 1984–1985-ben végeztük a fentebb említett technikával, SDA-CSF-I adatgyűjtő kiegészítéssel (Kummer István). A rendkívül szép mérési anyagból a VHE-11/84 jelű migrált időszelvényt mutatjuk be (4-11. ábra).

A szelvény megjelenési formája külön magyarázat nélkül is arra világít rá, hogy az intézeti szeizmikus kutatási technológia erre az időre teljesen felzárkózott a világszínvonalhoz.

A Jászság területén az 1987–1988-ban végzett geofizikai mérések célja a szerkezetkutatás, ezen belül pedig a nagy vastagságú pliocén rétegsor sztratigráfiai megismerése volt a szénhidrogén-előfordulás vizsgálata szempontjából. A terület földtani felépítését két különböző aljzatú földtani egység (Tisza és alpi típusú Bükk) találkozása határozza meg, elválasztó törésvonalukhoz a tektonikai mozgások eredményeként vulkáni kitörési centrumok kapcsolódnak. A kutatási feladat részben a Nyírségben megismert problémához volt hasonlítható. A kutató területen 688 km szelvényhosszon végeztünk reflexiós méréseket a rendelkezésre álló legkorszerűbb eszközökkel: 96 csatornás SD-20 adatgyűjtő, 16 tagú geofoncsoportosítás, 24-szeres közös referenciapontú összegzés. A feldolgozás az R-35 számítógépen az SZCSz-3 programrendszerrel történt. A jászsági kutatási eredmények szerint a pre-ausztiai aljzat két típusának elkülönítése a szeizmikus szelvények szerint bizonyos területeken sikerült. Az oligocén korú képződmények két fő egységét (alsó agyagos és felső homokos) sikerült elkülöníteni. A miocént jellegében teljesen eltérő kifejlődés képviseli: üledékes és vulkáni. Az üledékes miocént hosszan követhető párhuzamos reflexiók jellemzik, a vulkáni centrumok közelében reflexiómentes kiüresedés a jellemző, míg a tufákból felépülő környezetet kaotikus, de energiadús reflexiós kép írja le. A vastag pannóniai rétegsort sikerült részletesen megismerni. A pannóniai üledékek aljzatának időtérképét a 4-12. ábrán mutatjuk be, a később (1989) továbbkutatott alattyáni kiemelkedéssel együtt (Szeidovitzné et al. 1989, 1990).

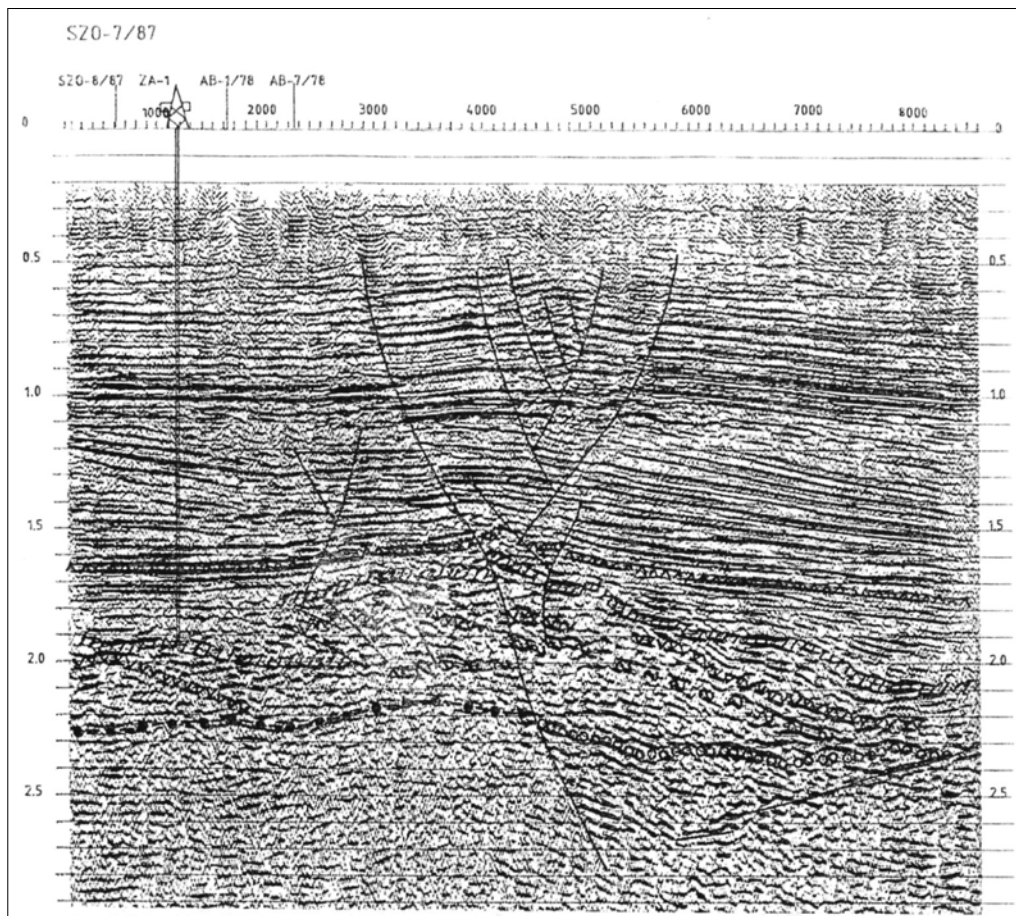
A Tiszaagyenda–Fegyvernek földgáztermelő területen végzett reflexiós méréseket 1988–1989-ben végeztük a tiszaagyendai és a kunhegyesi kiemelkedés részletesebb megismerésére 85 km hosszban. A mérések eredményeként meg-





4-12. ábra. A pannóniai üledékek aljzatának időtérképe a jászsági területen. Jelmagyarázat: 1 – szeizmikus vonal, 2 – mélyfúrás, 3 – izovonal (s)

állapítható volt, hogy elsősorban a terület pannóniai korú agyagos képződményei és a deltaképződmények turbidites összletei jöhetnek számításba szénhidrogén-tárolóként. Ezek jövőbeli részletes vizsgálatára javaslatot tettünk.

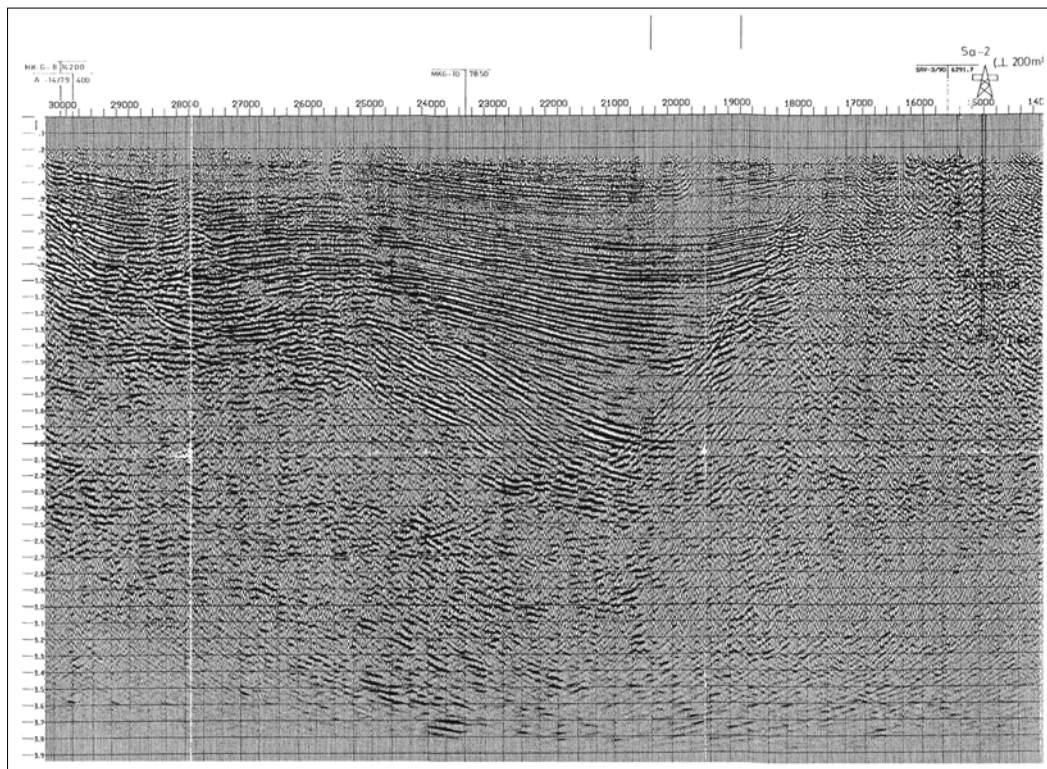


4-13. ábra. A Szo-7/87 szeizmikus reflexiós szelvény. A szelvényben uralkodó jellegű a növekvő vetőhöz kapcsolódó szeizmikusan feltárt virágszerkezet-rendszer

Az ún. flis övezeten (Körössy 1959) 1988-ban végzett Abony–Szolnok–Török-szentmiklós környéki új szeizmikus mérések az eddig elvégzett kutatások teljes reambulációját képviselték. Az új mérések vibroszeiz szelvényanyaga, ezen kívül az Abony környékén már korábban mért és korszerűen újrafeldolgozott szelvények, továbbá GKV reflexiós szelvényei összesen 950 km szeizmikus szelvény értelmezését tették lehetővé. Rendelkezésre állt 93 szénhidrogén-kutató mélyfúrás földtani és mélyfúrás-geofizikai adatállománya is. A fejlett mérési technika

és a rendkívül jó jel/zaj viszonyú szelvények korszerű feldolgozása a tektonika tanulmányozását nagymértékben elősegítette. Ez a reambuláció (Lőrincz 1997) nagy jelentőségű volt a szénhidrogén-szerkezetek, feltételezett migrációs útvonalak kijelölésében. A terület szerkezeti képét uralkodóan gyűrt formák határozzák meg, a legjellemzőbb gyűrődések a flis összletben találhatók. A Szo-7/87 szelvényben ez a jelenség 2,0 és 2,5 s időszámban található.

Oldaleltolódásos mozgási jelenségre utal a rendkívül jól felismerhető töréses virágszerkezet. A pliocén összleten belül az előrenyomuló deltafront kialakulása követhető nyomon. A pozitív jellegű virágszerkezethez tartozó felboltozódások a szelvény közepén szénhidrogén-csapda kialakulásához is vezethettek hasonlóan, mint a progradációs deltaszerkezet kiékelődései zónái.



4-14. ábra. SaV-2/1990 vibroszeiz szelvény. A jobb oldali kiemelkedés oldalán növekvő vetőhöz támaszkodó, levetett „rollover” antiklinális látható

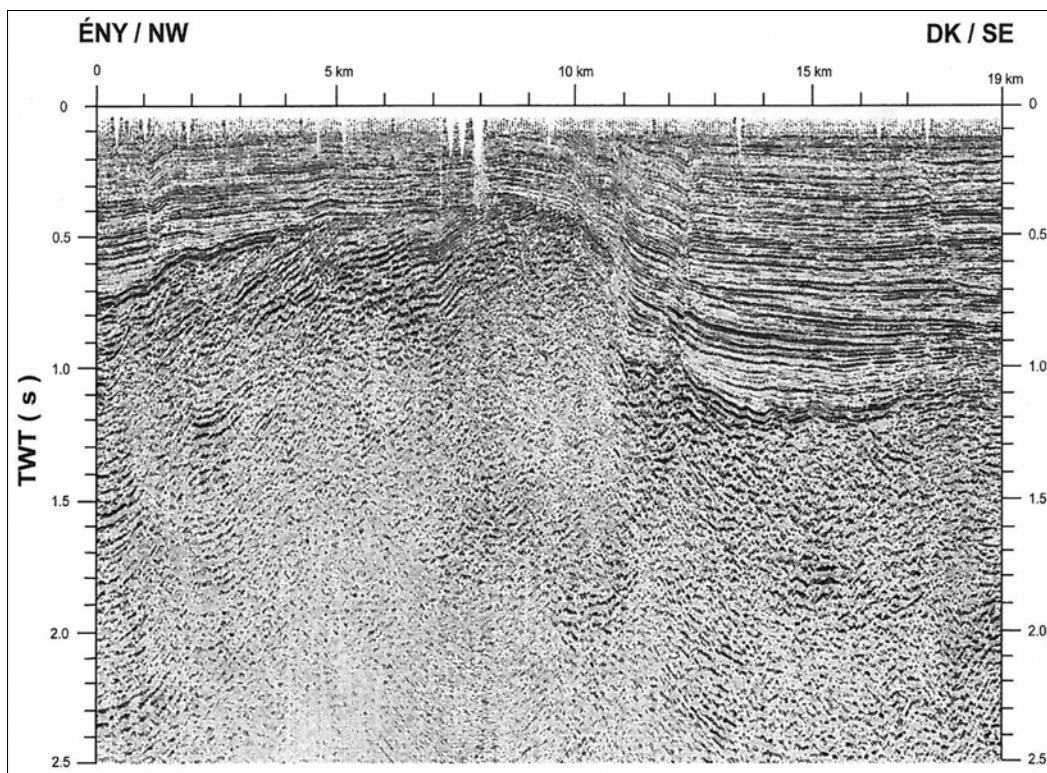
A *Sajóhídvég–Polgár* kutatási területen 1990-ben 124 km földrajzi hosszúságú áttekintő vibroszeizmikus kutatást végeztünk korszerű szeizmikus reflexiós mérésekkel még nem kutatott terület üledékföldtani és szerkezeti jellemzőinek vizsgálatára. A vibroszeiz módszer alkalmazását a terület adottságai indokolták: a Sajó és Hernád folyók összefolyása, a védőgát-rendszer környezetvédelme. Az előzetes geofizikai térképek (gravitációs, földmágneses, magnetotellurikus) egyöntetűen jelezték az Ény–DNy csapású fő irányt. A mélyfúrások szerint tufaslávás, törmelékes miocén korú vulkanizmus kőzetei vannak jelen kisebb-nagyobb vastagságban, az idős aljzatot karbonátos középső triász képviseli (a Sa-2 fúrásban 1571 m-ben). Az aljzat kutatását a vulkáni kőzetek miatt kialakult kaotikus hullámkép nehezítette meg. Nagy energiájú reflexiós jelcsoportok beérkezési idejéből és a magnetotellurikus térkép tanúsága szerint 3-4 km mélységű mezozoós aljzatsüllyedés is feltételezhető.

A kutatási terület legérdekesebb szelvénye a SaV-2/1990 szelvény (4-14. ábra). A szelvényben a növekvő vetőhöz támaszkodó, levetett ún. „rollover” antiklinális látható. Ilyen szerkezeti jelenséghez irdalmi adatok szerint gyakran szénhidrogén-előfordulás köthető. Azonban az egymástól nagy távolságra levő (5–10 km) mérési szelvények miatt csak a pannóniai aljzat térképét szerkesztettük meg (Polcz 1990).

A Mélyszerkezetkutató Osztály utolsó, nem szénhidrogén-kutatásra irányuló munkája a *Kecskemét–Paks* között húzódó feltételezett törésvonal felderítésére végzett kutatás volt. A korábbi szénhidrogén-kutató tevékenységből és tanulmányokból jól ismert Paks–Kiskőrös–Szolnok–Kisújszállás vetőzóna helyzete és feltételezhető késő pleisztocén aktivitása a paksi atomerőmű környezetében geofizikai kutatásokat tett szükségessé a földrengésbiztonság felülvizsgálatára. Ennek érdekében régebbi kutatások folytatásaként 3 egymással párhuzamos, összesen 80 km reflexiós mérést végeztünk. Ezek közül a rendelkezésre álló legkorszerűbb technikával feldolgozott Pak-2/92 szelvényt mutatjuk be (4-15. ábra). Külön értelmezés nélkül is jól látható a terület fiatal korú összetevit is elérő, erőteljesen tektonizált jelleg (Marosi, Meskó 1997).

#### **4.1.3. Mezőn belüli szeizmikus mérések**

A szeizmikus kutatások színvonala a felbontóképesség növekedésével és a korszerű migrációs eljárásokkal kiegészülve lehetővé tette a szeizmikus szelvények korszerű szeizmosztratigráfiai vizsgálatát. Lehetőség nyílt a reflexiós jelek dinamikai jellemzőinek sokoldalú vizsgálatára az attribútumszelvények segítségével



4-15. ábra. A Pak-2/92 reflexiós időszelvény a Duna–Tisza közén, Paktól K-re. (D. Lőrincz K., Pápa A., Polcz I. 1992, in: Marosi, Meskó 1997)

amplitúdó-, frekvencia- és fázistulajdonságok szemszögéből. Ezt a vizsgálatot rendkívüli módon segítette a színes szelvényírás, mert a színek alkalmazásával egy újabb dimenzió nyílt meg. A mélyfúrásokba végzett szonikus sebességszon-  
dázási adatok beépítése a szeizmikus szelvényekbe még szélesebbre nyitotta a reflexiós szeizmika információtartalmának kibővítését. Így a 80-as évek közepére a geofizikai feladatok között megjelent az ún. „mezőn belüli” szeizmikus kuta-  
tások iránti igény. Az újszerűnek tekinthető kutatási cél itt a tárolószervezet ha-  
tárainak pontos kijelölése, a fúrásokkal már feltárt képződmények mezőn belüli  
elterjedése és szerkezeti tagoltságának vizsgálata, továbbá a termelés szempont-  
jából fontos tektonikai zónák kimutatása. Kedvező esetben a szénhidrogén-tároló-  
lóban a fluidumok fázishatáráról beérkező reflexiók is kutathatókká válhatnak.

Ezenkívül a tárolóban lezajló kitermelési folyamatról is képet kaphatunk az időnként újra megismételt mérések segítségével folyamatosan nyomon követve a kőzetek fizikai állapotváltozását.

1986-ban a szeghalmi bányatelek területén kőolajipari megrendelés keretében végeztünk kísérleti jellegű *mezőn belüli* kutatásokat (Albu et al. 1987). Ennek néhány módszertani eredménye: a kinematikai jellemzők alapján megfigyelhető volt a tároló belsejében megjelenő, magasabb látszólagos frekvenciával jellemezhető reflexiós határfelület. Ez a reflexiós felület a közeli mélyfúrásokban végzett szonikus mérések alapján azonosítható volt a fázishatár mélységével. Az eredményt megerősítette az ELTE Geofizika Tanszékén végzett kapcsolódó szeizmikus modellezés is. A tároló jellemzőinek további vizsgálatára a közeli mélyfúrások akusztikus szondázási eredményeinek beépítésén kívül reflexióerősség, pillanatnyi amplitúdó- és frekvenciavizsgálatokat végeztünk. A tároló energiagyengülést mutató zónái és az akusztikus impedanciaszelvény vizsgálata kőzettani blokkok elkülönítését tették lehetővé. A fázisszelvény „zérus átmenetei” alapján kisebb töréseket és kiékelődéseket is ki lehetett jelölni. Ezek a kísérleti lépések és az eredmények a nagy felbontóképességű reflexiós szeizmika szénhidrogén-tárolómezőkön belüli hasznos alkalmazhatóságára hívták fel a figyelmet. Az eredményes kutatási téma vezetője *Pápa Antal* volt.

Az 1965–1992 időszakra eső mélyszerkezet-kutatási feladatok megoldása fokozatos digitális módszer- és műszertani, számítástechnikai fejlődés által vált lehetővé, ideértve a geoelektromos műszer- és programfejlesztés eredményeit is (pl. magnetotellurika). A fejlődés a szeizmikus szelvények minőségi változása révén lemérhető. Kezdetben a mérések analóg mágneses regisztrálású adatgyűjtő műszerekkel végeztük, majd fokozatosan tértünk át az ELGI-ben kifejlesztett digitális műszerek alkalmazására. Ezek tették lehetővé a korszerű szeizmikus terepi módszertan alkalmazását, mint pl. a legfontosabbat: a közös referenciapontos észlelés bevezetését. A hetvenes évek közepétől nagy jelentőségű a vibroszeiz eszközök beszerzése és alkalmazása. A terepi mérési adatok feldolgozása a kezdeti kézi szelvénytyszerkesztéstől járta végig az utat a legkorszerűbb számítógépes programrendszerekkel feldolgozott szelvénytyszerkesztésig. Az így előállított szelvényeken a 80-as években ismertté vált szeizmikus és szekvenciasztratigáfiai vizsgálatokat már teljesen korszerű feldolgozó technikával (migráció, dekonvolúció) végezhattük el, és rá tudtuk irányítani a figyelmet még nem ismert földtani jelenségekre. A geoelektromos kutatás módszerfejlesztése is (TE-DE, MTS) sikeresen oldotta meg az árnyékolt földtani

szerkezetek kutatási problémáit (Nemesi et al. 1996), és ezzel hatásosan növelte a komplex kutatás lehetőségeit.

A Mélyszerkezetkutató Osztály eredményesen oldott meg kisebb mélységű neotektonikai feladatokat is pl. Paks térségében.

A terepi mérésekben, adatfeldolgozásban és értelmezésben részt vevő témavezetők:  
Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály Mélyszerkezetkutató Osztálya: *Albu István, Bodoky Tamás, Borbély Zoltán, Detzky Gergely, György Lajos, Jánvári János, Jánváriné Kántor Ilona, Herczeg György, Kummer István, Detzkyné Lőrincz Katalin, Pandi Péter, Pápa Antal, Petrovics Ilona, Polcz Iván, Ráner Géza, Sipos József, Szeidovitz Győzőné, Szné Kilényi Éva, Tábornszky Gyula, Tímár Zoltán, Virágh Zoltán.*  
Geoelektromos Főosztály: *Jósa Ernő, Király Ernő, Madarasi András, Nemesi László, Varga Géza, Verő László, Csörgei József*

## Irodalom

- Albu I., Bodoky T. (1976): Jelentés a hajdúsági komplex geofizikai kutatások 1975-ben végzett méréseiről, a Berettyótól nyugatra végzett tellurikus mérésekről és a Záhony környékén végzett hálózatkiegészítő szeizmikus reflexiós mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Albu I. (1982): Jelentés a Baktalórántháza térségében végzett 1981. évi szeizmikus reflexiós mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Albu I., Jánváriné Kántor I., Kummer I., Pápa A., Tábornszky Gy. (1987): Jentés a Szeghalom környéki bányatelek területén és környékén végzett részletező szeizmikus kutatásokról. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára (687)
- Ádám O. (1992): Szeizmikus történelem. Magyar Geofizika 33/4, 167–171
- Bodoky T. et al. (1977): Komplex geofizikai kutatások eredményei a Nyírségben. Általános Földtani Szemle 10, 22–44
- Bodoky T., György L., Jánvári J. (1980): A látszólagos terítéshossz szerepe a vibroszeiz méréseknél. Magyar Geofizika 21, 208–215
- Kilényi É. (1966): Jelentés az 1964–65 évi Szolnok környéki komplex geofizikai mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Kilényi É., Polcz I., Szabó Z (1989): Neogene volcanism of the Nyír region (NE Hungary) as revealed by integrated interpretation of the latest geophysical data. Geophysical Transactions 35/1–2, 77–99
- Kőrös L. et al. (1989): Újabb eredmények a hortobágyi néma zóna szeizmikus kutatásában. Magyar Geofizika 30/6, 214–233
- Kőrössy L. (1959): A Nagy Magyar Alföld flis jellegű képződményei. Földtani Közöny LXXXIX



- Lőrincz (Dné) K. (1997): Részletes tektonikai vizsgálatok a szolnoki flis öv nyugati peremén szeizmikus és mélyfúrási adatok alapján. Kandidátusi értekezés tézisei, Budapest
- Lőrincz (Dné) K., Pápa A., Polcz I. (1991): Jelentés a Kecskemét és Paks között feltételezett törésvonal helyzetének felderítésére végzett szeizmikus mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Magyar I. (2010): A Pannon-medence ősföldrajza és környezeti viszonyai a késő miocénben őslénytani és szeizmikus rétegtani adatok alapján. MTA doktori értekezés
- Marosi S., Meskó A. (1997): A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága. Akadémiai Kiadó Budapest
- Muravina L., Nagy Zné, Ujfalussy A. (1965): Az OKGT SZKÜ 83. sz. jelentése az 1958–62. években Hajdúszoboszló–Nyírség kutatási területeken végzett reflexiós és refrakciós mérések eredményeiről
- Nemesi L., Takács E., Verő L. (1994): A magyarországi geoelektromos kutatás rövid története. Magyar Geofizika 35/3.
- Nemesi L., Polcz I., Szeidovitz Gy.-né., Stomfai R. (1996): ÉK-Magyarország vulkanikus kőzetei a geofizikai mérések alapján. Magyar Geofizika 37/3, 142–153
- Polcz I. (1982): Összefoglaló jelentés a Mátészalka környékén 1979–80–81-ben végzett szeizmikus reflexiós mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Polcz I., Jné. Kántor I. (1989): Jelentés a Csenger-Szamosbecs-Csengersima-Nagygéc területén végzett 1988. évi részletező szeizmikus mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Polcz I. (1990): Jelentés a Sajóhídvég-Polgár környékén 1990-ben végzett szeizmikus mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Posgay K. (1967): A magyarországi mágneses hatók áttekintő vizsgálata. Geofizikai Közlemények XVI/4, 23–118
- Rónai A. et al. (1969): Az Alföld Földtani Atlasza. 1:100 000 Szolnok, MÁFI kiadása
- Ráner G. et al. (1997): Geofizikai kutatások Paks térségében. In: Marosi S., Meskó A. (szerk): A paksi atomerőmű földrengésbiztonsága. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 61–94
- Szeidovitz Gy.-né, Polcz I. (1985): Szerkezetkutató reflexiós mérések Kecskemét–D–Kiskunfélegyháza–Alpár–Kunszállás–Jászszentlászló környékén. ELGI Évi Jelentés pp. 3–56
- Szeidovitz Gy.-né, Jné Kántor I., Polcz I. (1989): Jelentés a Jászságban 1988-ban végzett szeizmikus reflexiós mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Szeidovitz Gy.-né, Jné Kántor I., Polcz I. (1990): Jelentés az Alattyán környékén 1989-ben végzett részletező szeizmikus reflexiós mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára



Szepesházy K. (1968): A neogén képződmények aljzatának vázlatos fedetlen földtani térképe. MÁFI kiadás, Budapest

Völgyi L. (1984): A Nyírség potenciális szénhidrogén-földtana. Földtani Közlöny 114/2, 161–169

## 4.2. Nyersanyagkutató mérések a Dunántúlon

### 4.2.1. Bevezetés, időrendi áttekintés

*Kakas Kristóf, Rezessy Géza*

A Dunántúli-középhegység az országnak az ásványi nyersanyagok kutatásának szempontjából kiemelt területe. Itt volt található bauxitbányáink mindegyike, fontos vagy annak idején fontos eocén és szenon korú szénmedencéink sora (Ajka, Dudar, Balinka, Oroszlány, Tatabánya, Mány–Zsámbék, Dorog), egyetlen mangánbányánk. A Mecsek hegységben pedig feketekőszén bányáztunk.

Az ELGI rendszeres és kiterjedt geofizikai kutatást végzett a Dunántúli-középhegység belső és peremi medencéinek területén az 1960-as évek közepétől az 1990-es évek elejéig. Ebben a fejezetben elsősorban a Dunántúli-középhegységben végzett szén- és bauxitkutatás története található, de kitérünk néhány más, területileg ide sorolható kutatásra is. Időrendi táblázatokban listázzuk a megkutatott területeket, és megadjuk az egyes kutatási területeket ismertető cikkeket az *Évi Jelentések* sorozatában (ld. Függelék I. táblázat).

Visszapillantásként, a következők szerint kíséreljük meg ennek a majd három évtizedes folyamatos munkának a jellemzését.

- Mivel mind az alkalmazott módszeregyüttes, mind a kutatás módját meghatározó földtani-geofizikai modell különbözött az ország egyéb helyein alkalmazottaktól, szervezeti elkülönülés alakult ki az Intézetben: a szeizmikus méréseket a Hegyvidéki Szeizmikus Osztály, az összes többit a Dunántúli Ásványkutató Osztály (később Szilárd Ásványtelepek Kutatási Főosztálya, SzÁF) végezte. A munkákat végig Szabadváry László (a szeizmikus munkákat Ráner Géza) vezette.
- A szén- és bauxitkutatás során az annak idején szigorúan definiált kutatási fázisok mindegyikében megtalálta az Intézet a saját szerepét (előkutatási, felderítő, részletes, bányabeli kutatási fázisok), és ahol nem találkozott szervezeti ellentétekkel vagy a felszíni geofizikai módszerekkel akkor megoldhatatlan földtani adottságokkal, ott mindenütt megszolgált a társada-

lom által reá költött pénzt. A pénzügyi fedezetet a költségvetés (nagyobb részt a KFH kezelésében lévő földtani kutatási alap, kisebb mértékben a módszer- és műszerfejlesztést célzó intézeti forrás), illetve a szén- és bauxitkutatásban érdekelt (kutató vagy termelő) vállalatok nyújtották.

- Elsősorban a bauxitkutatás különböző fázisaiban a speciális igények gazdaságos kielégítésére egy sor új geofizikai eljárást honosítottunk meg, akár belső fejlesztéssel, akár importműszerek beállításával (ezeket a 8.3. szakaszban ismertetjük).
- Fokozatosan kifejlődtek azok a szervezési és kapcsolattartási módszerek, amelyekkel ki tudtuk elégíteni az iparvállalatok adatszolgáltatási, fúrástelepítési igényeit (dinamikus fúrástelepítés, téli csoportok). Ebben nagy szerepe volt az adatfeldolgozó számítógépek terepi üzemeltetésének, a dokumentáció gépesítésének.

A felszíni geofizikai mérések elsősorban a fúrások telepítésével hasznosultak. A legnagyobb értéket az képviselte, ha méréseink alapján sok és nyersanyagra nézve eredményes fúrás mélyült. Ezzel azonban nem fejeződött be a geofizika szerepe: a megszerzett ismeretek felhasználásra kerültek a fúrások közötti interpolációnál, a földtani szintek követésénél és a tektonikai elemek kijelölésénél. Az ELGI időszakos adatszolgáltatást készített fúrástelepítéshez, mérési eredményeit évente jelentésben foglalta össze, működési jelentéseiben rendszeresen beszámolt az elvégzett kutatások mennyiségi teljesítéséről, továbbá nyomtatott évi jelentéseket tett közzé, amelyek a sikerként elkönyvelt eredményeket ismertették. Ezek az ismeretek az Országos Földtani és Geofizikai Adattárban kéziratot jelentések és – bizonyos módszerek esetében – alapadatként is fellelhetők.

Az elvégzett geofizikai kutatásokat szakmai szempontok alapján sikeresnek tartjuk. E siker alapja a konkrét feladathoz, a földtani szituációhoz jól megválasztott (kifejlesztett) geofizikai módszeregyüttes, a geológusok és a geofizikusok összehangolt munkája és a kutatócsoport 25 éven keresztül (szinte) változatlan személyi összetétele volt.

Jelen fejezetünk történeti távlatból (és ezért óhatatlanul idealizálva) ismerteti az Intézet szerepét a középhegységi bauxit- és szénkutatásban. Rendező elvként azokat a komplex kutatási stratégiákat (paradigmákat) választottuk, amelyeket az ELGI kutatói (a szénbányászat és az alumíniumipar szakembereivel együtt) kialakítottak az előkutatásban, a dunántúli széntelepek és bauxittároló szerkezetek detektálásában és a kibúvásos területek térképezésében.

A sokcélú, sokléptékű kutatást három korszakra bonthatjuk:

- *Az alapok lerakása.* 1965-től számíthatjuk a regionális területi lehatárolásra szolgáló mérések alkalmazását. Néhány év alatt kialakult a bauxit és az alapterület jellegű kőszén előkutatásának jól működő módszere, ennek kezdeményezője Szabadváry László és Jámbor Áron volt. A földtani sajátosságoknak megfelelően kiválasztott módszeregyüttessel a Dunántúli-középhegység peremén, majd később a belső medencéiben a szénre vagy bauxitra vonatkozóan perspektívikus területek voltak lehatárolhatók.
- *A nagy volumenű, sikeres alkalmazás.* Az 1970-es évek közepére (részben az első olajválság hatására) összejöttek a sikeres nyersanyagkutatás kedvező feltételei. Új módszerek és műszerek bevezetésével sikerült hatékony választ adni a felmerült módszertani és gazdaságossági problémák jelentős részére. Ezzel egy időben az ország jelentős pénzügyi forrásokat biztosított a szén- és bauxittermelés fenntartására és új lelőhelyek feltárására. Miután az ELGI bizonyította a geofizikai mérések hasznos szerepét, a KFH a kutatási tervek elfogadásával, az ipari vállalatok pedig szerződésekkel biztosították a nagyszabású munkák háttérét, például új műszerek beszerzését tették lehetővé. A geofizikus és geológus szakemberek között szoros, bizalmon alapuló napi munkakapcsolat alakult ki. A későbbiekben néhány sikeres kutatást mutatunk be, amelyek talán jól jellemzik a geofizikai mérések hatékonyságát (gerecsei szénkutatás, Bakonyoszlop, Iharkút), és példákat hozunk az „új módszerek” alkalmazására.
- *A bányászati igények leépülése 1985-től 1990-ig.* Az 1980-as években egyre jobban felerősödtek a hazai bányászat ellen ható tényezők. A Dunántúli-középhegységben folytatott szén- és bauxitbányászatot mindig is veszélyeztette a karsztvíz-betörés. Ez kezdetben technológiai jellegű probléma volt, melynek egyre érzékenyebbé vált a költségnövelő hatása, majd a bányászat érdekében végzett víztermelés környezeti kára (a Hévízi-tó és a budai melegvizet források hozamának csökkenése) oda vezetett, hogy az összes karsztvíz-veszélyes bányát be kellett zárni. Megnőtt a karsztvízszint feletti, felszínről gazdaságosan kitermelhető nyersanyagok iránti igény. A felszíni bányák megnyitását azonban erősen korlátozta az egyre aktívabb és egyre erősebb törvényi felhatalmazással rendelkező természetvédelem. Míg a bányászat és az import közötti választás kifejezetten gazdasági számításra épült, a bányászat és a természetvédelem szempontjainak mérlegelésekor a gazdasági kérdések érdemben fel sem merültek. A kegyelem-

dőfést a hazai szilárdásvány-bányászat – és ennek következtében a kutatás – számára a KGST szintjén annak idején megkövetelt önellátás feladása, a világpiaci nyitás jelentette. A bauxitipar erős háttérét jelentő Magyar–Szovjet Timföld-Alumínium Egyezmény megszűnt, mert az embargó megszűntével a Szovjetunió/Oroszország már a világpiacról is beszerezhetette az ott jóval olcsóbb bauxitot.

A jelentések tartalma és felépítése, az elvégzett kutatás dokumentálása is visszatükrözi a három korszak sajátosságait. A kezdetekben az évente lezárt kutatásról elkészített jelentés része volt az ún. módszertani adatlap. Ez tartalmazta az adott módszerre és az adott földtani felépítésre jellemző földtani-geofizikai modellt. Amikor a fúró-kutató vállalatokhoz kellett igazodni, a komplex jelentések helyett egyre gyakrabban időszaki jelentéseket és adatszolgáltatásokat kellett kiadnunk. Ezeknek a dokumentációknak szinte egyetlen tartalmi követelménye volt: hová fúrjunk, milyen mélységben találjuk meg a kívánt nyersanyagot. A megrendelő számára a geofizika egy fekete doboz volt, és ha működött, volt megrendelés. A 90-es évektől, amikor a terepi mérések kora lejárt, megnőtt a korábbi mérések értéke, megkezdődött a régi anyagok archiválása, digitalizálása.

Az 1993-ban elfogadott bányatörvény megszüntette a bányászat és a kutatás állami monopóliumát, és teret nyitott a várhatóan tőkeerős, külföldi vállalkozók előtt. A Dunántúli-középhegység területére szén- vagy a bauxitbányászatban érdekelt külföldi bányavállalkozó eddig nem érkezett, az egyre csökkenő termelést a korábban megkutatott vagyon kitermelésével hazai vállalatok végzik.

Mind az állami megbízások, mind a vállalati szerződések célja annak idején a bányászati igények kielégítése volt, és a megbízásokat teljesítettük. A bányászat visszafejlesztésével megszűnt a kutatás igénye, elapadtak a pénzügyi források, ellehetetlenült a terepi kutatás. Az 1990-es évek elején gyakorlatilag véget értek a két és fél évtizedes terepi mérések. Most mégis felmerül a kérdés: maradt-e valami hasznosítható a következő generációk számára? Reményeink szerint igen, és azok a következők lehetnek:

- a gravitációs és a mágneses mérések teljes köre, a geoelektromos mérések jelentős része (VESZ és TEM) adatbázisba szervezve, újra feldolgozható formában archiválva van, a szeizmikus mérések nagy része újrafeldolgozható, a VLF, PM és FFG térképek a jelentéstárban megtalálhatók, a karotázsmérések anyaga is adatbázisba van rendezve,

- a mérésekről adatszolgáltatásokban, jelentésekben, működési jelentésekben kéziratos formában, a jelentősebb eredményekről az ELGI nyomtatott éves jelentéseiben és szakmai folyóiratokban számoltunk be,
- a jelentősebb potenciális értéket képviselő nyersanyag-előfordulásokról koncessziós ajánlások készültek, amelyek az Országos Földtani és Geofizikai Adattárban találhatóak,
- a megismert és számításba vett ásványvagyon az Országos Ásványvagyon Nyilvántartás része, mely szerint a Dunántúli-középhegység területén nyilvántartott, gazdaságosan kitermelhető eocén szénvagyon 1,2 Mt, a bauxitvagyon 39,5 Mt (2005. évi adatok),
- a beszerzett eszközök, a fejlesztések eredményei az ELGI/MFGI tulajdonában vannak, azok alkalmazhatók voltak a környezetvédelem, a mérnök-geofizika területén, külföldi expedíciós megbízásoknál.

És egy tanulság: akik részt vettek az ilyen és ehhez hasonló közös vállalkozásokban, azaz az integrált nyersanyagkutatásban, megtanulhatták – mert megtapasztalták –, milyen egyszerű dolog, személyiséget formáló, közösséget kovácsoló hatású a célért összehangoltan, egymást kiegészítve, egymást erősítve dolgozni.

#### **4.2.2. Elő kutatás: regionális területértékelés**

*Rezessy Géza, Kakas Kristóf*

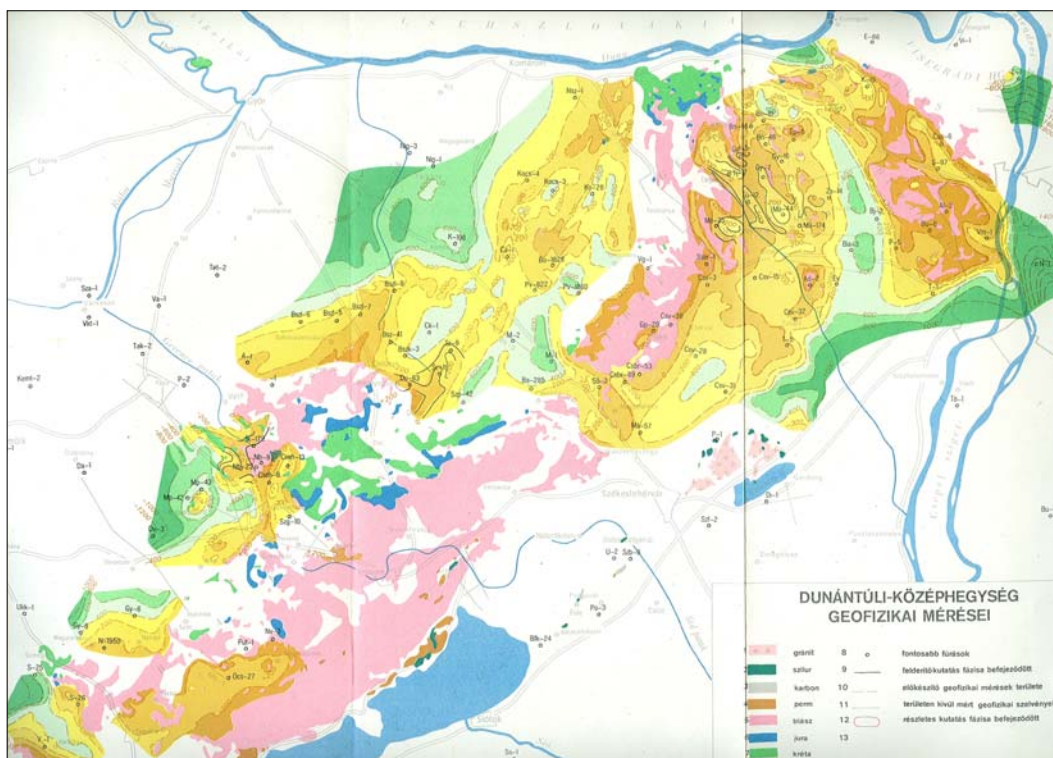
A Dunántúli-középhegységben az eocén–oligocén széntelepek döntő része és a kréta bauxitok a (triász időszak) karbonátos aljzaton vagy közvetlen efölött található (alaptelepek). A karbonátos aljzat (mészkö vagy dolomit) nagy sűrűségű, nagy ellenállású és nagy határsebességű szint, vezérszint, tehát általában módszereinkkel jól kutatható. Ha bauxit- vagy szénelőfordulásokat keresünk geofizikai térképezéssel, akkor négy tényezőt kell figyelembe venni:

- 1) eltakart helyzetben sem egy bauxittest, sem egy széntelep önállóan nem detektálható, viszont feküjének lefutását, azaz a (karbonátos) aljzat szerkezeti képét jó esetben tudjuk követni,
- 2) eddig nem ismerünk olyan bauxittestet, amelynek feküje márgás kifejlődésű, azaz kis fajlagos ellenállású, és a középhegységi széntelepes összletek jelentős részének is az aljzata nagy fajlagos ellenállású,
- 3) ha egy bauxittest 400, egy széntelep 1000 m-nél mélyebben van, akkor kitermelése nem gazdaságos, tehát érdektelen (ezek a mélységértékek kora-

beli tervezési határértékek voltak, amelyek már a 80-as években jelentősen szigorodtak),

- 4) szenon (felső kréta) kőszéntelepeink „köztes telepek”, azaz feküjük is kis ellenállású összlet. Így csak később, 1980 után lettek kutathatók a nagy felbontóképességű szeizmikus reflexiós mérések alkalmazásával.

*Szénás György* geofizikai (1965) és *Bárdossy György* bauxitföldtani (1955) javaslatai alapján *Szabadváry László* és *Jámbor Áron* (MÁFI) 1964 körül kezdeményezte a Dunántúli-középhegység regionális felmérését (előkutatását). A stratégia („paradigma”) a következő: *bauxitra vagy szénre vonatkozóan reményteljes az a terület, amelynek pre-ausztriai aljzata karbonátos, és az aljzat mélysége a gazdaságos*



4-16. ábra. A mezozoós képződmények domborzata a Dunántúli-középhegységben végzett geofizikai mérések alapján

kitermelés mélységét nem haladja meg. A geofizikai mérések feladata a nagy sűrűségű, nagy ellenállású és nagy sebességű vezérszint térképezése, a gazdaságos művelési mélység szerinti területlehatárolás, a nagyobb szerkezeti egységek meghatározása, majd azok jellemző helyeire történő fúrások telepítése. Megfelelő részletességű gravitációs felmérésre, geoelektromos sekély- és középszondázásokra, majd jól kiválasztott helyeken néhány szeizmikus refrakciós szelvény lemerésére volt szükség. A technikai háttér az akkor újnak számító könnyű graviméterek (Worden, Sharp), a változatos szondázó műszerek (GE-25, GE-27) és a tranzisztoros szeizmikus műszerek adták. Az akkorra már bevált eljárások megbízhatóan jelezték a fúrásos kutatás vertikális és laterális határát, és képet adtak arról, hogy meddig is tart a Dunántúli-középhegység.

Ilyen, kezdetben 1:100000-es léptékű, majd részletesebb mérésekkel a középhegység gyakorlatilag összes karbonátos aljzatú peremterületét és belső, nagyobb mélységű medencéjét sikerült felmérni. Nem maradt 400 m-nél kisebb aljzatmélységű terület körülhatárolatlanul, a belső medencék mélységviszonyai is tisztázódtak.

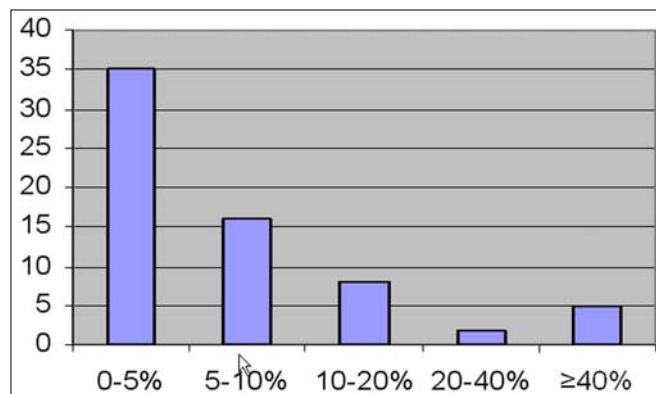
A Dunántúli-középhegység reményteljesnek ítélt részéről megszerkesztettük a mezozoós képződmények domborzati térképét 1:100000-es méretarányban.

A kutatás mindazokon a területeken sikeres volt, ahol a feltételezett földtani-geofizikai modell helyesnek bizonyult (4-17. ábra).

A geofizikai előkészítés alapján 1970-ig telepített fúrások 78%-a  $\pm 10\%$  hiba mellett igazolta az előzetesen meghatározott mélységet. A fúrásjavaslatok közel

	Sűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	Ellenállás (ohmm)	Sebesség (m/s)
Fedő	2000	30	2000
Szén	1400	200	3000
Bauxit	2400	100	3000
Alaphegység	2670	1000	5000

4-17. ábra. Földtani-geofizikai modell (a megadottól jelentős eltérések is lehetnek)



4-18. ábra. A geofizikai mérések hibája az 1966 és 1970 között lemélyített fúrások alapján

8%-a azonban 40%-ot meghaladó mélységeltérést mutatott, ami a megválasztott modell hibás voltát bizonyította (4-18. ábra)

A mélységmeghatározás hibájának földtani/rétegtani oka egyrészt jelentős vastagságú (eocén) mészkő jelenléte a nyersanyagtelep fedőjében, másrészt a fekü (alacsony ellenállású) márgás kifejlődése vagy (alacsony határsebességű) porló dolomit volta. A nagy ellenállású fedő a hagyományos egyenáramú módszereknél alaphegységként jelentkezhet. Az ilyen értelmezési hibák kiküszöbölésére vezettük be az elektromágneses módszereket (a frekvencia- vagy az időtartományban végzett szondázásokat) és a saját fejlesztésű fúrás-felszín gradiens (FFG) térképezést.

A márgás kifejlődésű alaphegység a geoelektromos módszerek értelmezésénél, a porló dolomit pedig a szeizmikus eljárásoknál okozhat hibát. A két módszer párhuzamos alkalmazásával a hiba kiküszöbölhető: az első esetben a geoelektromos mérések rendre nagyobb mélységet jeleznek, a második esetben viszont a szeizmika „merül el” a porló dolomitban.

Egy sikertelen (azaz az aljzatot nem a tervezett mélységben megütő) fúrás telepítésének „geofizikai” oka volt az is, hogy az alkalmazott módszerek vízszintes és függőleges felbontóképessége nem volt elegendő. A gravitációs mérést átlagoltuk (bár a szűrt anomáliatérképek sokat segítettek a részletek felismerésében), a szondázásokat az oldalhatások zavarták, a szeizmikus szintek elmerültek a dolomitban, és ezt is zavarták az oldalhatások. Az oldalhatások problémáján a potenciáltérképezés és a szeizmikus harántlövések bevezetése javított. Másrészt nyilvánvaló volt, hogy ezekkel a mérésekkel csak nagy szerencsével



lehet a perspektivikus területeken egy bauxittestet kimutatni (és arra fúrást telepíteni), még ha az a nagy klasszikus bauxit-előfordulások (Gánt, Halimba) telep-nagyságát elérné is (de ilyen telepet a 25 év alatt egyet sem találtunk). Kedvező esetben ugyan detektálni lehetett a medencealjzat kisebb szerkezeti elemeit is, de bebizonyosodott, hogy a jól felismerhető szerkezeti formák a fiatal(abb) tektonika elemei, és csak nagyon ritkán vannak összefüggésben a bauxitlepet kialakító (idős) szerkezeti elemekkel.

Amíg összeállt a sikeresen alkalmazható komplex módszertan, kudarcokat is meg kellett élnünk. Idősebb kollégák emlékezhetnek az egyik előadói elhangzott hozzászólásra: „Ha a szeizmika adja a legpontosabb leképezést a földtani szerkezetekről, semmi szükség a többi geofizikai módszerre. Ha van egy jó pengénk, akkor nem borotválkozunk előtte a rosszal.” A hasonlat szellemes, de nem veszi figyelembe, hogy egy nagy terület kizárólag szeizmikus felmérése nagyságrenddel drágább, mint a komplex (integrált) felmérés (amelynek során a területi felmérést olcsóbb és termelékenyebb módszerekkel végezzük). Mondhatnánk azt is, hogy a legjobb felszíni geofizikai módszer a szeizmika, de annál is biztosabb egy fúrásból megismert adat. Ez így is van. Mégis, ha a reális hibahatárt meghaladja a két eredmény közötti eltérés, szükséges annak okát alaposan elemezni. Erre példát hozhatunk saját tévedéseink közül is. Budakeszi környékén elfogadva a 150–200 m vastag, porló dolomitban elmerült szeizmikus mérés mélységet, a valóságnál lényegesen nagyobb mélységre terveztük a fúrásokat. Így történhetett, hogy később a mányi medencében, amikor a fúrásokban jelzett triász alaphegységnél lényegesen nagyobb mélységben jelentkezett a szeizmikus refrakciós szint (Már-2 szelvény), az eltérést porló dolomit (vagy helyben maradt dolomittörmelék) jelenlétével magyaráztuk. Csak évekkel később derült ki a nyers mérési adatok helyes volta. Rossz nyelvek szerint azért, mert elaludt a fúró-mester, és átfúrta az alaphegységnek vélt áthalmozott törmeléket. A Mátyás-33 jelű fúrás 30 m vastag, triász dolomitból álló törmelék alatt – 200 m vastag eocén összletben – 18,5 m-es széntelepet tárt fel.

A tévedések mellett számos siker is jellemezte az első időszakot. A Bauxitkutató Vállalat (BKV) részére a Bakony-észak területen végzett mérések alapján 1968-ban 32 fúrást telepítettünk, amelyek közül 13 harántolt bauxitot. Héreg, Tárján és Bajna térségében a MÁFI-val közösen végzett eocén szénkutatások keretében hét produktív fúrás mélyült (1972). Szintén a MÁFI-val közös kutatások során Gérce mellett alginítot találtunk (1974). Gárdonyban és Visegrádon hévízkút helyét jelöltük ki (1974, 1976).

### 4.2.3. Geofizikai kutatás az eocén barnaszénmedencék körzetében

*Rezessy Géza*

Az előző fejezetben leírt területértékelések folytatásaként történtek azok a geofizikai felmérések, amelyek egy-egy kőszén-előfordulás területi kiterjesztését, az ott működő bányavállalatok jövőjét voltak hivatva meghatározni. A bányászat kitermelte a készleteket, a kitermelést új készletbevitellel kellett pótolni. A földtani-geofizikai kutatásnak így módon nemcsak gazdasági, hanem politikai jelentősége is volt: a bányabezárás nemcsak az ország szénellátását, hanem tízezrek jólétét is veszélyeztette. Emiatt a nagyhatalmú trösztök kutatási igénnyel léptek fel, és ennek a Központi Földtani Hivatal eleget kellett, hogy tegyen.

A kormány kiemelt állami beruházásként írta elő a szénbányák nyersanyag-szükségletének kielégítését. Ennek érdekében születtek meg a különböző kutatási programok (eocén és felső kréta barnaszén-kutatási program), amelyek keretein belül a geofizikai méréseknek is nagy szerep jutott.

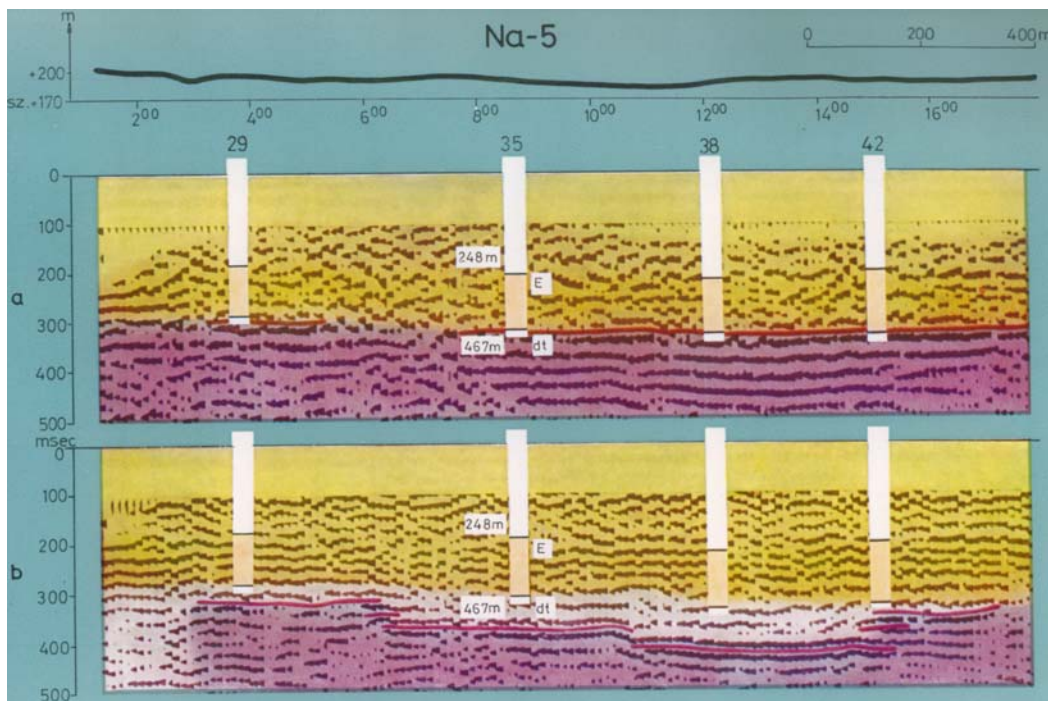
Az ismert és műrevaló vagyonnal rendelkező eocén korú barnakőszén-előfordulásokon négy bányavállalat, a Tatabányai, az Oroszlányi, a Veszprémi és a Dorogi Szénbányák osztozott. Ezen a területen, amely a Bakony hegységtől a Duna bal parti rögökig terjed, 1965 és 1990 között rendszeresen végeztünk geofizikai méréseket. Munkánkat, amely kiterjedt a kutatási fázisok mindegyikére, részben a költségvetés (KFH kutatási alap), részben a bányavállalatok finanszírozták. A kezdetekben, az előkutatási fázisban, a szén és a bauxit egyaránt kutatási feladat volt. 1974-ben azonban a szén kiemelt jelentőséget kapott. A Tatabányai Szénbányák kezdeményezésére kidolgozták a Bicskei erőmű (2000 MW), valamint az ezt szénrel ellátó bányák építési, termelési terveit, az *eocén programot*. Bár a program kudarcba fulladt – a bicskei „alaperőmű” helyett a Paksi Atomerőmű, majd a Mátrai Erőmű épült meg –, e programhoz kapcsolódóan számos új földtani-geofizikai ismerethez jutottunk. A következőkben ezeket vesszük sorra.

#### 4.2.3.1. Tatabányai Szénbányák – Gerecse

A *Tatabányai Szénbányák* szénvagyonára az akkor épülő Csordakúttal együtt szerény volt, a tervezett 3 millió tonna/év termelési kapacitást csak új bányák megnyitásával lehetett volna teljesíteni. Az új potenciális szénmedencék felkutatása a Gerecse délkeleti előterében már 1965-ben elkezdődött. Ekkor még az

áttekintő méretarány azonban nem volt elegendő ahhoz, hogy a későbbiekben produktívnak bizonyult részmedencéket felismerhessük. Az előtér kutatása kisebb szünet után 1970-ben újraindult. A *héreg-tarjáni medencében* a gravitációs mérések alapján megszerkesztett szerkezeti vonalakhoz igazított szelvényhálózatban szeizmikus refrakciós méréseket és vertikális elektromos szondázásokat végeztünk. A mérések alapján javasolt, és a MÁFI által irányított fúrások igazolták, hogy a szeizmikus szint a triász aljzatot, az elektromos szondázások pedig az eocén széntelepes összlet felszínét követik. Továbbá – nem mellékesen – jelentős eocén szénrétegek jelenlétét is bizonyították.

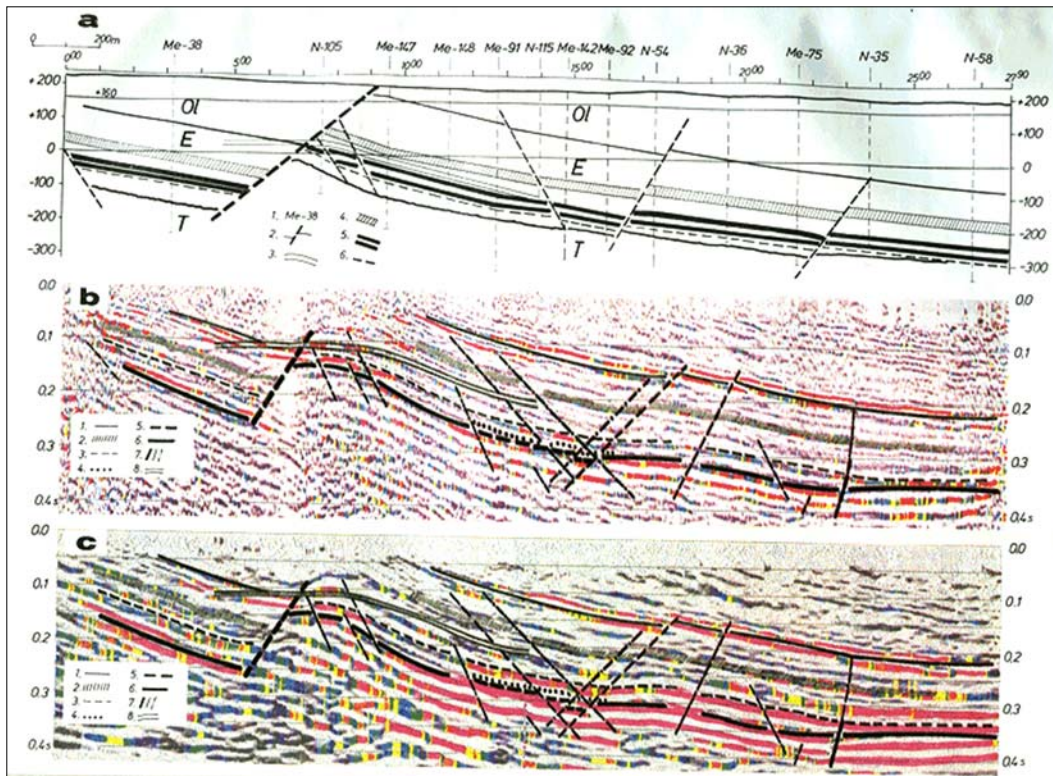
A Csordakút, Mány, Bajna és Tarján határolta területen hasonló módszerrel folytatódott a kutatás azzal a különbséggel, hogy a gravitációs mérések szerepét részben a potenciáltérképezés vette át, elérve ezzel az 1:25 000-es méretarányt.



4-19. ábra. A Na-5 reflexiós szeizmikus szelvény. A medencealjzatban elhelyezkedő dolomittörmelék vizsgálata (1973)

Az állami támogatásért folytatott versenyben Tatabánya vállalkozott a nagygyeházai és a mányi bányák megnyitására. A nagygyeházai fúrásos kutatásokból ekkor már ismert volt, hogy a széntelepes összlet alatt és az áthalmozott dolomittörmelék alatt kiváló minőségű, jelentős mennyiségű bauxit található. A bauxitkutatás szempontjából kiemelt fontosságú az áthalmozott, illetve helyben maradt dolomittörmelék megkülönböztetése. A feladat megoldására szeizmikus refrakciós és reflexiós méréseket végeztünk a nagygyeházai medencében, példaként bemutatjuk a Na-5 szeizmikus reflexiós szelvényt (4-19. ábra).

Majkuth Tamás és Ráner Géza vizsgálatai alapján a következők állapíthatók meg. A széntelepes összlet alatt bizonyos területeken további reflektáló felület jelölhető ki (Na-5 szelvény középső szakasza). Elfogadva a fúrás rétegsorát (fel-



4-20. ábra. Nagygyeháza, a három nyersanyagot adó bánya. (Földtani és szeizmikus szelvények összehasonlítása)

só szelvény) a következő értelmezés adható: a reflexiós mérések a széntelepes összlet feküjét annak fizikai paraméterei szerint tagolják. Ez a tagolás azonban nem választja szét az áthalmazott törmeléket (a magminták alapján legfeljebb néhányszor 10 m) és a helyben maradt törmelékes dolomitot (a reflexiós mérés szerint kb. 200 m).

A medence nagymértékű tektonizáltsága már a fő feltáróvágat kihajtásánál nem várt nehézségeket okozott. A bányavállalat megbízásából nagy pontosságú szeizmikus reflexiós mérést végeztünk a vágat nyomvonalán a vetők helyének előrejelzéséhez. A fúrási-bányászati és a geofizikai adatok összehasonlítása igazolta, hogy a szeizmika horizontális és vertikális felbontóképessége 5–10 m között van, több vető helyzetét és korát pontosította, továbbá néhány ismeretlen vető jelenlétére is felhívta a figyelmet (4-20. ábra).

A nagyegyházi erőltetett bányanyitás történetéhez tartozik, hogy a szén és bauxit termelésére szánt ikerbánya (amely bauxitot egyáltalán nem termelt) a művelés fenntarthatósága érdekében jelentős mennyiségű vizet is kénytelen volt kiemelni. A bánya bezárását azonban „nem várt geológiai nehézségek” indokolták. Valójában az történt, hogy a túlméretezett termelési kapacitás miatt olyan széles termelési frontokat nyitottak, amelyeket a – geofizikai mérésekkel is jelzett – tektonikailag erősen igénybe vett medencében nem lehetett fenntartani. Ma ugyanúgy nincsenek mindenre kiterjedő, pontos ismereteink a medence tektonikájáról, ahogyan a dolomittörmelék helyben maradt voltára sincs egyértelmű bizonyíték.

A *Gerecse délkeleti előterére* vonatkozóan 1977-re rendelkezésünkre állt az a geofizikai méréshálózat (összesen 200 km szelvény), amely alapján a harmadidőszaki medencealjzat 1:25 000-es méretarányban megszerkeszthető volt. A szerkesztéshez kellő segítséget nyújtott a már korábban elkészült gravitációs maradékanomália-térkép. Körülhatárolhatóvá váltak a legalább 1-2 km<sup>2</sup> kiterjedésű süllyedékek, magas rögök és közbülső blokkok. Az ELGI és a MÁFI 1977 júliusában fúrásjavaslatot állított össze, amelynek célja az ismeretlen földtani felépítésű, szénre vagy bauxitra vonatkozóan reményteljesnek ítélt szerkezetek igazolása. A fúrásjavaslat Epöl, Nagysáp, Bajna, Héreg, Tarján, Tükrös-pusztá, Mány és Zsámbék területére terjedt ki. A fúrások lemélyítését a Technoexport Szovjet Geológiai Expedíció, a BKV és az OFKVV 1978 tavaszán kezdte el. A fúrásos kutatással egy időben a terület geofizikai kutatása is jelentősen bővült.

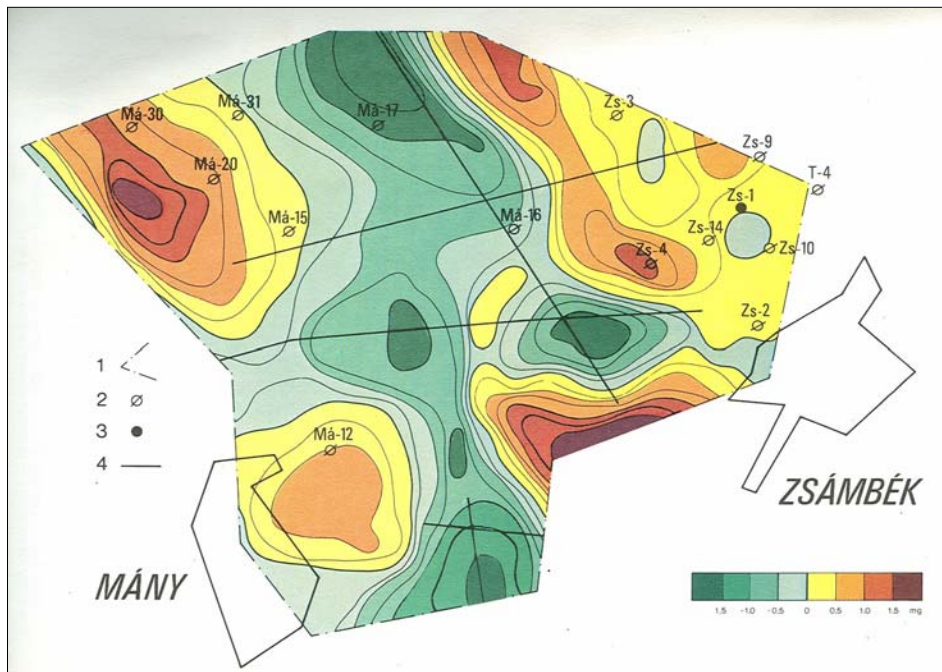
Az erősen tektonizált, blokkos szerkezetek kijelölésében a gravitációs módszer kiemelkedően hasznosnak bizonyult. A Mány és Zsámbék között



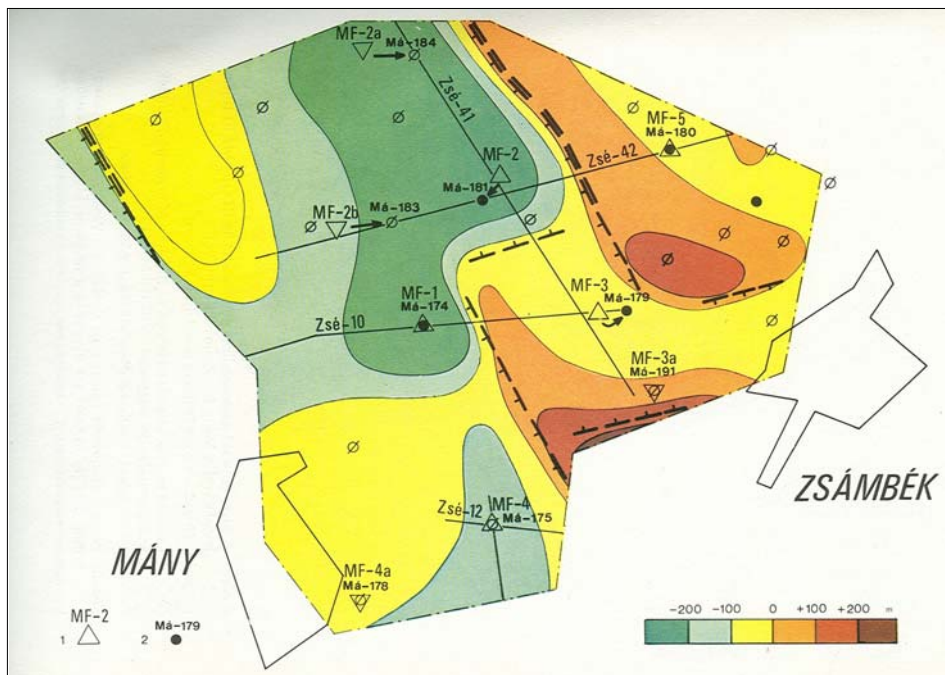
húzódó területen korábban mélyült fúrások sorra meddőnek bizonyultak. A gravitációs maradékanómia-térkép azonban olyan, mélyebben elhelyezkedő, fúrásokkal még nem vizsgált blokkokra hívta fel a figyelmet, amelyekben a széntelepes összlet az utólagos lepusztulástól védve megőrződhetett. Ezeknek a szerkezeteknek valódiságát szelvény menti mérésekkel igazoltuk, majd fúrásos kutatását javasoltuk (4-21. ábra).

1978-ban lemélyült a Mány-174 és -179 számú fúrás. E fúrások az eocén szenet közel 30 m-es vastagságban tárták fel. Itt nyílt meg az eocén program egyetlen új bányája, a 900 kt/év kapacitású Mány-I/a bánya. Az eredmények növelték a geofizika jóhírét, ezzel együtt nőtt irányunkban az elvárás is (4-22. ábra).

A következő években a geoelektromos és a szeizmikus módszerek széles körét alkalmazva kiegészítő méréseket végeztünk a fúrások kitűzéséhez. A vetőzónák elkerülése érdekében a nagyobb mélységű területeken szeizmikus



4-21. ábra. A mány-zsámbéki terület gravitációs maradékanómia-térképe. *Jelmagyarázat:* 1 – a kutatási terület határa, 2 – meddő fúrás, 3 – barnakősenet harántolt fúrás, 4 – tervezett geofizikai szelvény

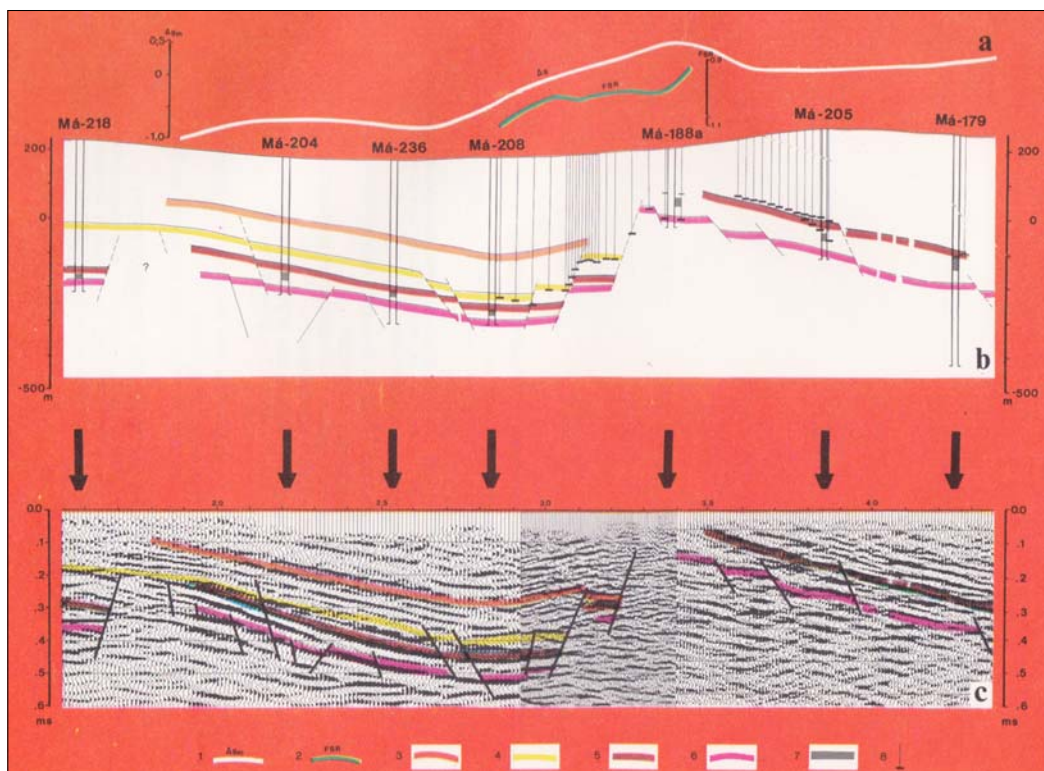


4-22. ábra. A mátyás-zsámbéki terület alaphegységének domborzata a lemélyült fúrásokkal. *Jelmagyarázat:* 1 – javasolt fúrás, 2 – lemélyült fúrás a produktivitás jelölésével, (MF) vagy (MFS) – multifrekvenciás elektromágneses szondázás

reflexiós méréseket, a kisebb mélységek vizsgálatára multifrekvenciás elektromágneses szondázásokat (Maxi-Probe) végeztünk.

A rohamosan növekvő földtani-geofizikai információ egységes kezelésére bevezettük azt a kutatásirányítási rendszert, amelynek működését a terepi körülmények között is használható HP-9845S asztali számítógép biztosította. A rendszer együtt kezelte az ellenőrzött és jóváhagyott fúrási adatokat és a földtanilag értelmezett geofizikai méréseket, valamint lehetőséget biztosított ezek egyedi, szelvény menti vagy térképszerű ábrázolására. (Ezt a Kutatási Információs Rendszert később is ismertetjük.)

A Dorogi Szénbányák Tervező Iroda által összeállított kutatási jelentés, amely az 1981. április 1-jéig végzett munkákat dokumentálja, összefoglalójában a következőket állapítja meg: „Az 1978–1981 között folytatott komplex földtani kutatás mind szervezeti, mind pedig kutatási módszerében újszerű volt. Újsze-



4-23. ábra. A K-7 geofizikai szelvény és földtani értelmezése (1982). a) geofizikai paraméter szelvények, b) geofizikai adatok alapján szerkesztett földtani szelvény, c) migrált szeizmikus reflexiók szelvény

rúségét az jelentette, hogy a területen együtt dolgozó geológus és geofizikus szakemberek egymás eredményeinek ismeretében folyamatos, közös kiértékelő tevékenységet végeztek, ezzel a továbbkutatási javaslatokat – a komplex kiértékelés alapján – az eddigieknél megalapozottabban, tehát megbízhatóbban tudják meghatározni. Előnye volt a rendszernek, hogy a kutatás tervezését, irányítását, a fúrási anyag földtani és műszaki ellenőrzését, terepi feldolgozását és értékelését összehangoltan, azonos szakemberek végezték. Végül ugyanez a szakembercsoport kapott lehetőséget a kutatási eredmények kiértékelésére, a zárójelentés elkészítésére is.” Ennek a csoportnak, a tektonikai munkabizottságnak az ELGI képviselőjében tagja volt *Majkuth Tamás* és *Rezessy Géza*.



	1	2	3	4	5 [%]
1978.					
Mány K—Zsámbék	9	5	—	4	±15
Héreg—Tarján	24	9	9	6	±17
Bajna	15	5	3	7	±20
Köztes területek	31	2	1	28	±13
1978. Σ:	79	21	13	45	±15,77
1979.					
Mány K—Zsámbék	27	14	3	10	±15
Héreg—Tarján	18	7	—	11	±19
Bajna	11	2	2	7	±15
Köztes területek	11	—	3	8	± 8
1979. Σ:	67	23	8	36	±14,92
1980.					
Mány K—Zsámbék	44	27	4	13	±16
Tarján	10	6	—	4	±14
1980. Σ:	54	33	4	17	±15,6
1981.					
Mány K—Zsámbék	10	5	—	5	±17
1978—1981. Σ:	210	82	25	103	15,51

4-24. ábra. Az 1978 és 1982 között lemélyült fúrások statisztikája a Gerecse DK-i előterében. Minden fúrás tervezése geofizikai adatok alapján készült. 1 – a geofizikai eredmények alapján fúrt összes fúrás száma, 2 – barnakőszénre pozitív fúrások száma, 3 – nem ipari kőszén készletet harántolt fúrások száma, 4 – barnakőszénre meddő fúrások száma, 5 – a harmadidőszaki medencealjzat geofizikai mérésekkel meghatározott mélységének hibája

4-1. táblázat. Eocén kőszén, földtani vagyon, kt-ban (Magyar Geológiai Szolgálat, 2005)

	Összesen	A+B	C1	C2	Pillér
Működő	–	–	–	–	–
Leállított	240173	48208	171611	20354	29956
Szabad	149609	4256	50439	94914	5441
Összesen	389782	52464	222050	115268	35397

4-2. táblázat. Bauxit, földtani vagyon kt-ban (Magyar Geológiai Szolgálat, 2005)

	Összesen	A+B	C1	C2
Működő	118	–	102	15
Leállított	20880	1797	10183	8900
Szabad	11624	58	4962	6604
Összesen	32622	1855	15247	15519

A Gerecse délkeleti előterében végzett kutatások során ismertük meg a Bajnától nyugatra eső, felszínközeli szénelőfordulást. Itt a Dorogi Szénbányák felszíni művelésbe kezdett, majd a tervezett folytatásról, a mélyművelésről lemondott. A 80-as évek végén, már az eocén program nagyratörő tervei múlásával, további felszínközeli szénelőfordulásokat kutattunk Héreg és Szomor környékén. Ezek az előfordulások mint földtani vagyonok megmaradtak a jövő kisvállalkozói számára.

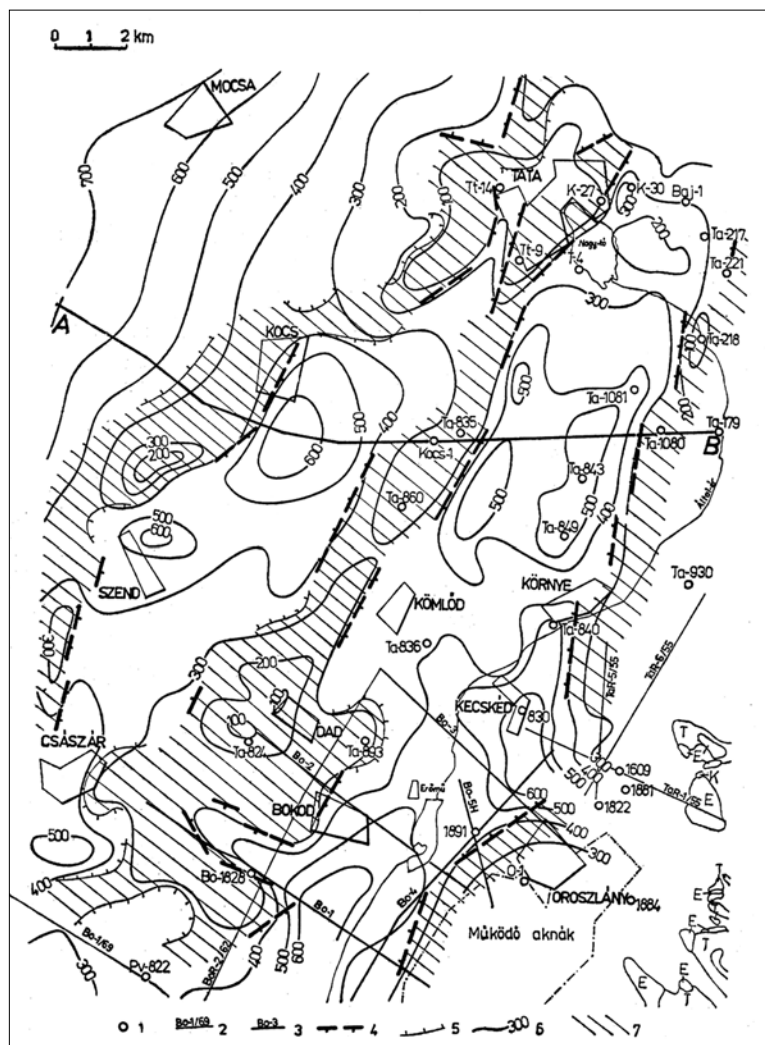
A Gerecse délkeleti előterében jelentős mennyiségű megkutatott ásványvagyon maradt vissza. Megkutatott eocén korú kőszén maradt Bajna, Csordakút, Gyermely, Héreg, Mány, Nagyegyháza, Tarján, Tükröspuszta és Zsámbék térségében.

Megkutatott bauxit maradt Csordakút, Gyermely, Mány, Mesterberek, Nagyegyháza, Óbarok, Somlyóvár Szár, Szomor, Tükröspuszta, Újbarok és Vázsonypuszta területén.

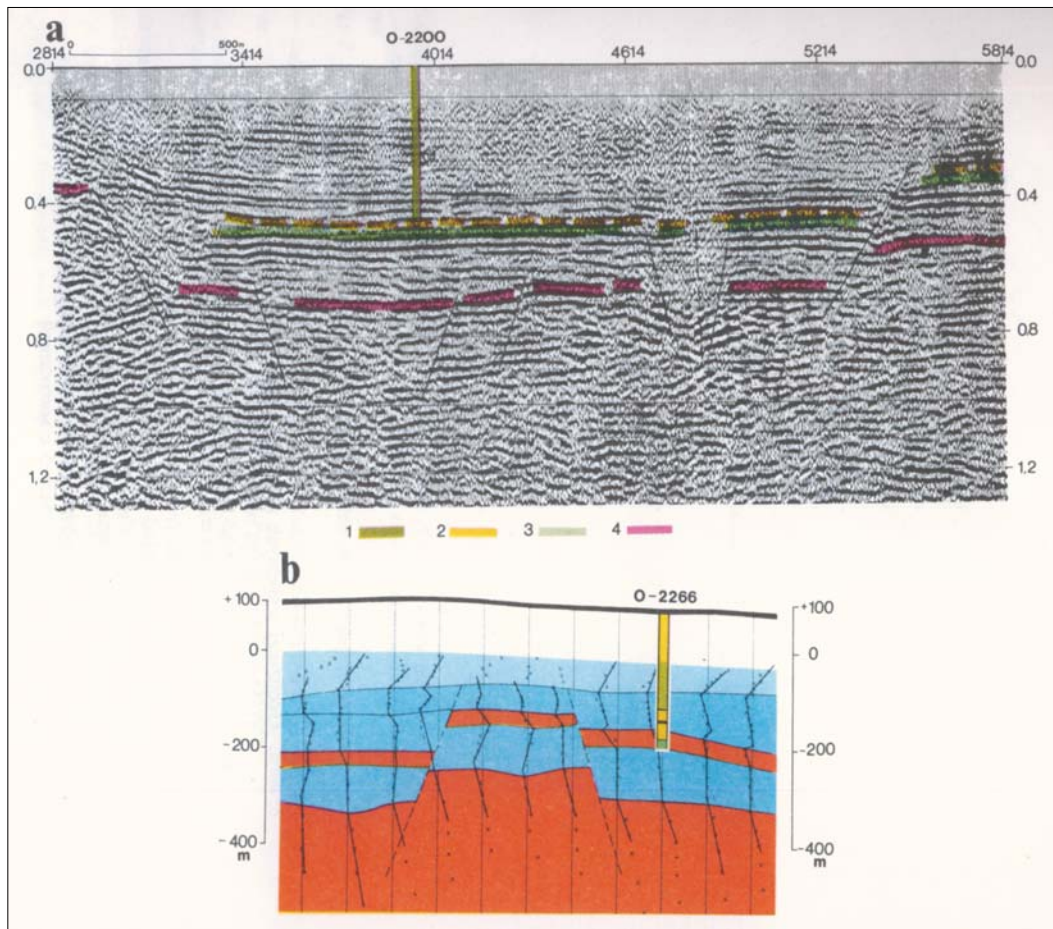
#### 4.2.3.2. Oroszlányi Szénbányák – Vértes északi előtere

Az Oroszlányi Szénbányák területén a márkushegyi előfordulás már ismert volt az eocén program indulásakor. A Gerecse délkeleti előteréhez hasonló nagyságú

és intenzitású geofizikai kutatásra itt nem is került sor. Ennek ellenére a regionális geofizikai térképezés már a 70-es évek elejére új felismerésre vezetett a Vér-



4-25. ábra. A nagy sűrűségű medencealjzat mélységtérképe és szerkezeti vázlata a Vértességi és a Gerecse Ny-i előterében (1971). 1: fúrás, 2: korábbi szeizmikus szelvény, 3: új (komplex) geofizikai szelvény, 4: feltételezett fővető, 5: feltételezett kis vető, 6: felszíntől számított mélység, 7: emelt vonulat



4-26. ábra. Geofizikai szelvények a Bokod-III kutatási területről (1983). a) Mer-5/83 migrált reflexiós időszelvény (1: oligocén, 2: eocén, 3: felső kréta, 4: triász), b) BoAX multi-frekvenciás elektromágneses szelvény

tes hegység Ny-i előterének nagyszerkezeti felépítéséről. A gravitációs mérések, kiegészítve néhány VESZ méréssel, valamint az Oroszlány környéki szeizmikus szelvényekkel, fúrásokkal azt mutatták, hogy a Vértes hegység mezozoós képződményei nem egyenletesen süllyednek a Kisalföld irányában, hanem árkok és gerincvonulatok sorát képezik.

A fővető-rendszer iránya ÉÉK-DDNy, párhuzamos a Vértes hegység Ny-i peremével. Kelettől nyugat felé haladva a következő egységek határozhatók meg: a Kömlőd–Környe–Bokod mélyvonulat, a Tata–Dad gerinc, a Kocs–Szend–Császár mélyvonulat, valamint a Tata–Kocs–Bakonsárkány gerincvonulat. Ezeket a vonulatokat a KDK–NyÉNy irányú harántvetők tovább tagolják.

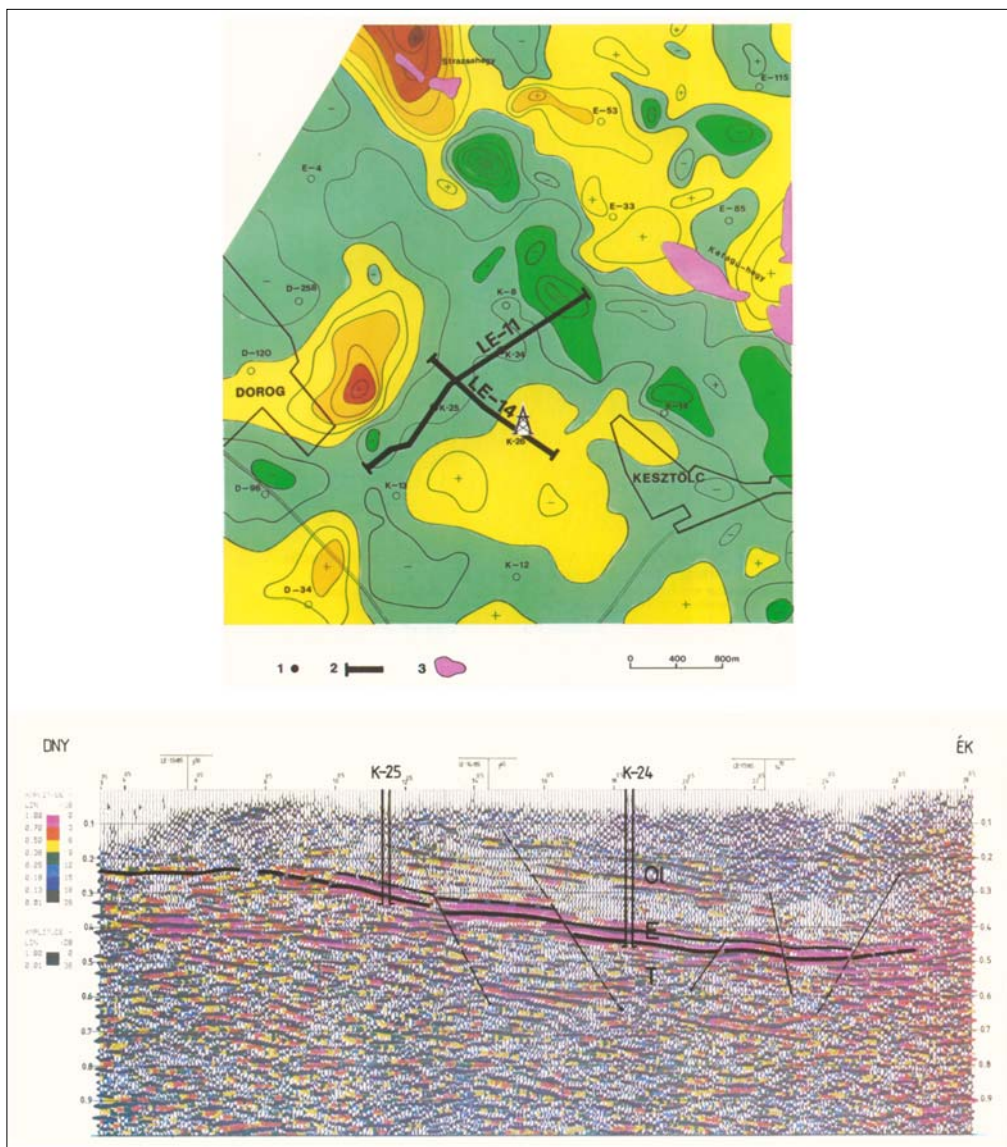
A 80-as évek elején a már meglévő, illetve megkutatott Márkushegy és Bokod-II. bányák területének kiterjesztése céljából gravitációs térképezéssel, szeizmikus szelvényekkel és mesterséges frekvenciaszondázásokkal (MFS) folytattuk a terület déli harmadának kutatását.

A kutatott terület két nagyszerkezeti egységre tagolható: a Bokod-II és Márkushegy bányák ÉNy-i előterében fekvő mély zónára és a Dad környéki kiemelt területrésze. E két területet a 200–400 m elvetési magasságú fővető válsztja el egymástól. Az O-2200 és O-2266 jelű fúrás igazolta, hogy ez a vető viszonylag fiatal; az elmozdulás az eocén szénképződés után következett be. A Mer-5/83 szeizmikus szelvény a mélyebb területrész felépítését mutatja. A nyugodtabb településű szakaszra kitűzött O-2200 mélyfúrás 593–597 m közötti mélységben, a kréta képződmények felett, 4 m vastag jó minőségű, eocén korú széntelepet harántolt. A szeizmikus szelvény folytatásában, a kiemelt részen mért MFS szelvényre telepített O-2266 fúrás 230,8 m és 233,1 m mélységközben harántolta a széntelepes összletet változatlan kifejlődésben.

Az Oroszlányi Szénbányák működése során mindig rendelkezett megfelelő mennyiségű (és nem karsztvíz-veszélyes!) szénvagyonnal, ezért az előkutatási szinten megismert új előfordulások részletes kutatására nem került sor. „A fenntartható bányászkodás” jegyében ez a földtani vagyon is megmaradt uno-káinknak.

#### **4.2.3.3. Dorogi Szénbánya Vállalat – Dorog körzete**

A Dorogi Szénbányák Vállalatot „ezer ág is húzta”: a lencse-hegyi bánya feltárását a szovjet katonai lőtér akadályozta, de a beruházáshoz nélkülözhetetlen állami támogatás feltétele az erőltetett ütemű feltárás és termelés volt, ezenkívül a jól értékesíthető barnaszenet (a program szerint) a Bicskei Erőműbe kellett volna valamilyen módon szállítani. Területbővítést is a MÁFI kutatói (Berhardt Barna) kezdeményeztek 1982-ben. Ennek részeként gravitációs méréseket végeztünk az esztergom–lencse-hegyi működő bánya és a dorogi felhagyott VIII-as akna közötti területen.



4-27. ábra. A Lencse-hegy-Dél kutatási terület gravitációs maradékanómia-térképe és a Le-11 migrált reflexiók időszelvény (1985). 1: produktív fúrás, 2: szeizmikus szelvény, 3: triász medencealjzat kibúvás

A gravitációs térkép szerint a Strázsa-hegy és Kétágú-hegy vonalától DNy-ra szerkezeti árokként értelmezhető minimumvonulat húzódik. Erre merőlegesen, ÉK–DNy irányban felismerhető egy kisebb, relatív amplitúdóval jelentkező minimumsáv is. A szomszédos bányaterületek földtörténeti analógiája alapján ezekben a relatív mélyedésekben eocén barnakőszénre remélhettünk. A triász időszerkezeti képződmények feltételezett domborzatát igazolták a lemerített szeizmikus szelvények, a nyersanyagprognózist pedig a LE-11/85 szelvényen mélyült két fúrás. A K-24 fúrás 590–602 m mélységben 9 m vastag széntelepet harántolt a lencse-hegyivel azonos kifejlődésben. A K-25 fúrás 390 m-es mélységben összesen 4 m kőszénre harántolt eocén fedő nélkül.

#### **4.2.3.4. Duna bal parti rögök körzete**

A Duna bal parti rögök területén 1989-ig geofizikai kutatás (az országos gravitációs és mágneses alaphálózat mérésein kívül) nem történt annak ellenére, hogy a felső triász rögcsoport környezetében több ipari nyersanyag is található (a vízbetörés miatt felhagyott kódsi kőszénbánya, a nézsa-csővári bauxitkibúvárok, a Romhány környéki oligocén tűzállóagyag-előfordulások). A nagyszerkezeti viszonyok felderítésére a 80-as évek legvégén a Kóds–Penc–Keszeg–Nézsai községek által határolt területen 200×200 m-es szabályos hálózatban gravitációs méréseket végeztünk. A terület továbbkutatására máig (2015) nem került sor.

#### **4.2.3.5. Veszprémi Szénbányák – Bakony északi elágazása**

A *Veszprémi Szénbányák* működési területéhez tartoztak a Bakony keleti, északi elágazásán fekvő eocén szénbányák is. A 60-as évek közepén megkezdett gravitációs, geoelektromos és szeizmikus mérések több megszakítással a 80-as évek legvégéig tartottak. A geofizikai mérések kiterjedtek a Mór–Bakonycsanak–Szápár–Csetény–Bakonyoszlop–Csatka–Ácseszék–Aka települések által határolt, igen változatos földtani felépítésű területre. Mind földtani, mind bányászati szempontból jelentős a kréta turrituliteszes márga jelenléte. A bányászat számára védelmet nyújt a vízbetöréssel szemben, ami kedvező. A gravitációs és a geoelektromos mérések általában nem tudják elválasztani a fiatalabb üledékes összletől, ezért nélkülözhetetlenek a kréta felszínét is leképező szeizmikus mérések.

Az első mérésekről az 1967. *Évi Jelentésben* számoltunk be. A méréseink alapján telepített Bcs-9 fúrás alapján prognosztizáltunk egy Szápár–Nagyveleg

irányú, 300–400 m-es mélységben húzódó, bányászatra alkalmas szénmezőt mint a dudari mező lehetséges folytatását. Az eredményesen lezárt csetény–szárpári kutatást követően, 1988-ban kezdtük meg a bakonyszentkirályi medence kutatását. A területválasztást a Bakonyoszlop környéki bauxitkutató fúrásokban harántolt eocén széntelepes összlet jelenléte indokolta. A gravitációs és szeizmikus mérések alapján telepített fúrások a tervezett mélységben (a tengerszinthez viszonyított +50 és –250 mélységtartományban) igazolták az eocén szénrétegek jelenlétét vízzáró fekvő nélkül.

Az eocén szénkutatás 25 évnyi történéseit elsődlegesen nem a földtani prognózisok, a kutatási módszerekben rejlő lehetőségek, hanem a bányászat igényei, a bányászati lobbi sikerei és kudarcai határozták meg. A legjobb tudásunk szerint éltünk az adott lehetőségekkel. Amit ma tehetünk: a megszerzett ismereteket a leghasználhatóbb formában megőrizzük unokáink számára.

#### **4.2.4. Szenon szénkutatás a Bakony nyugati előterében**

*Hoffer Egon*

A Bakony Ny-i előterében, azaz az ajkai kőszénmedence fejlesztési területén az előző fejezetben ismertetett kutatási igény a 80-as évek elején jelentkezett. Tekintettel arra, hogy a geofizikai műszer- és módszerfejlesztés eredményei és a korszerű műszerbeszerzések (vibroszeiz, Maxi-Probe) ekkorra már képesek voltak a köztes telepek vizsgálatára, a KFH megbízására beindultak a földtani kutatások. Első lépésként le kellett határolni azokat a területeket, ahol a felső kréta (szenon) barnaszén-előfordulására már voltak jelzések az eddigi földtani ismeretek és fúrások indikációja alapján. Így kerültek kijelölésre a Magyarpolány, a Kolontár és a Sümeg–Ukk–Gyepükaján kutatási területek.

##### **4.2.4.1. Magyarpolány**

Magyarpolány körzetében is rendelkezésre álltak az áttekintő gravitációs és mágneses térképek. A másodlagos gravitációs anomália térképe jól szemléltette a magasrög elhelyezkedését. Az erre telepített szeizmikus reflexiós szelvények egyik lényeges megállapítása az volt, hogy a triász-jura alaphegység –500 m feletti része a feltételezetttnél kisebb kiterjedésű (19 km<sup>2</sup>-ről 9,5 km<sup>2</sup>-re csökkent), valamint az, hogy az Mp-42 fúrással harántolt széntelepes összlet Ny felé nyugodt településű, és a kréta képződmények a jura mészkőösszlet felett eb-



ben az irányban kivastagodnak. Ebből következik, hogy a földtani és geofizikai adatok figyelembevételével további reménybeli területbővülés lehetséges Ny-ra és DNy-ra, de kedvezőtlen műrevalósági minősítéssel. Magán a magasrögön is kedvezőtlen adottságokat jeleztek a további szeizmikus reflexiós mérések és az ezek után mélyült fúrások. Az átfúrt széntelepes összletben nem harántoltak műrevaló vastagságú telepeket. A magyarpolányi előkutatás eredményei alapján tehát ezen a területen nincs olyan szénelőfordulás, amely jelenleg gazdaságosan kitermelhető lenne és megoldaná Ajka problémáját.

#### **4.2.4.2. Kolontár-II**

A Kolontár-II terület a magyarpolányi előkutatás lezárásával került előtérbe. Itt szénkutatófúrások kitűzésének előkészítésére végeztünk gyors gravitációs és szeizmikus reflexiós méréseket. A másodlagos gravitációs térképek felhívták a figyelmet arra, hogy a kutatásra kijelölt terület szerkezetileg bonyolult felépítésű, azaz az egymást keresztező vetőrendszer olyan részegységekre szabdalja, amelyek lényegesen eltérő mélységben települnek. Az előzetes tektonikai képet a csapás- és dőlésirányban telepített két reflexiós szeizmikus szelvény részleteiben is igazolta. Az ezek alapján kijelölt néhány fúrás műrevaló széntelepet nem harántolt.

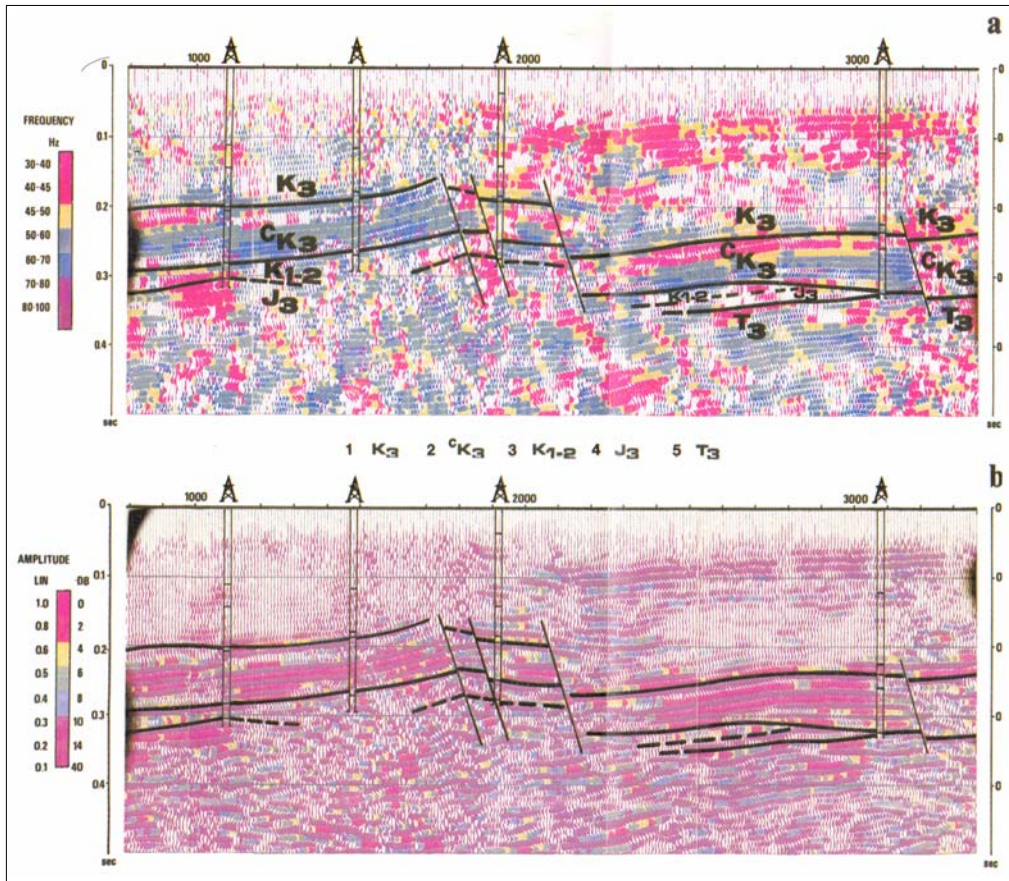
#### **4.2.4.3. Sümeg–Ukk–Gyepükaján, majd Ajka-II**

A magyarpolányi és a Kolontár-II terület kutatásával párhuzamosan 1980-ban megkezdődött a Sümeg–Ukk–Gyepükaján községek környékén a szenon barnaszén előkutatása. Az első ütemben a gravitációs térképek adtak felvilágosítást a terület nagyszerkezeti felépítéséről és mélységviszonyairól. Körülhatárolható volt a triász időszak medencealjának a kb. 500 m mélységig terjedő területe, amelyen belül az esetleges szénelőfordulás bányászatiilag még érdekes lehet. Az előkutatás második ütemében szeizmikus reflexiós és elektromágneses módszerekkel mértünk. E módszerek fejlődése, a korszerű műszerek (vibroszeiz, Maxi-Probe) és a feldolgozásban a számítógép rutinszerű alkalmazása révén lehetővé vált, hogy a geofizikai tevékenység a „köztes telepek” kutatására is kiterjedjen. A szeizmikus szelvényeket úgy telepítettük, hogy azok a korábban mélyített fúrások között a korrelációt lehetővé tegyék, és a későbbiek folyamán egységes hálózatba illeszthetők legyenek. Az időszelvényeken kirajzolódó önálló szerkezeti

egységek olyan szakaszaira terveztük a furásokat, ahol az a földtani rétegsort várhatóan teljes kifejlődésében és nyugodt települési viszonyok között harántolja. A Maxi-Probe rendszerű multifrekvenciás, elektromágneses szondázások (MFS) a felső kréta képződmények tagolását is lehetővé tették, de a medencealjzatról csak ott szolgáltatott információt, ahol az 500 m-nél kisebb mélységben települt.

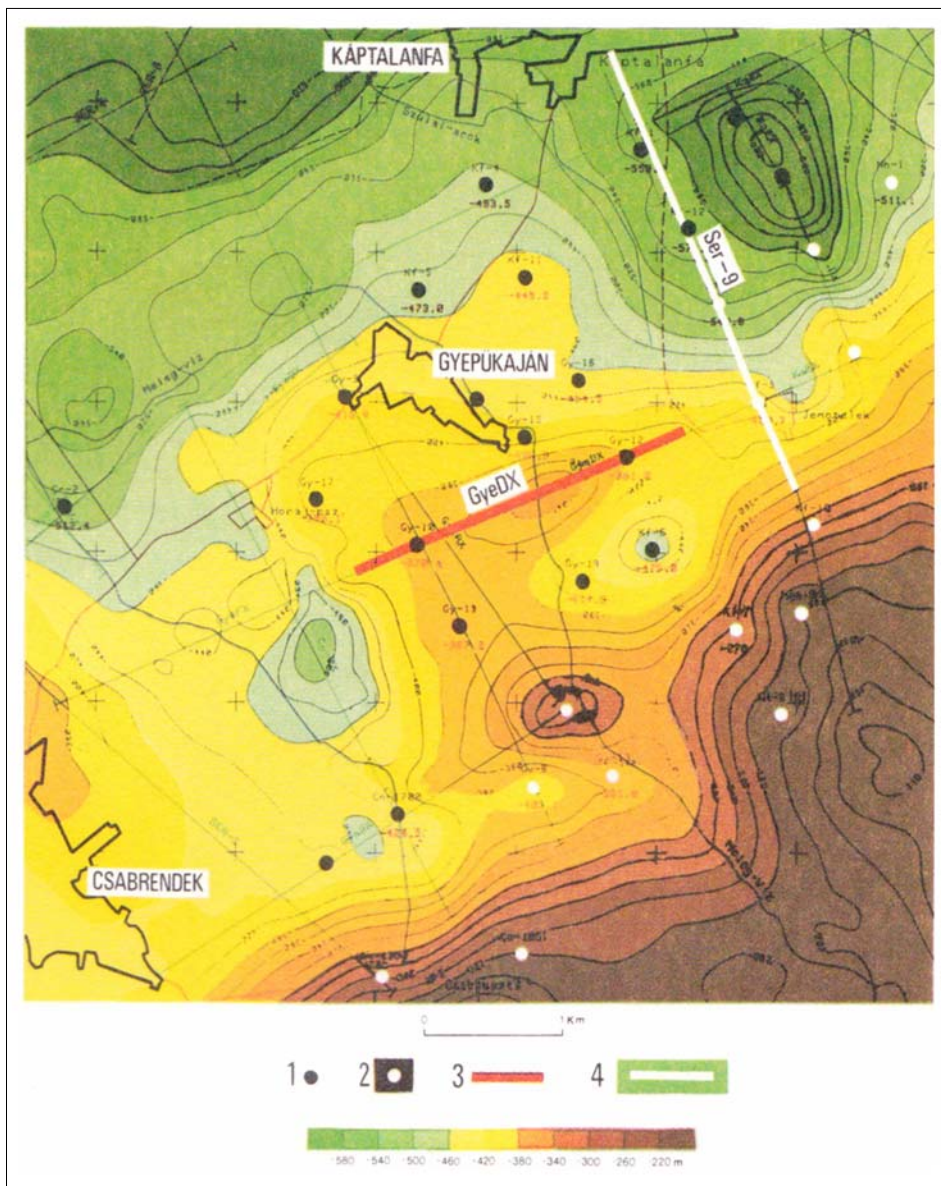
A geofizikai mérések, valamint a területre eső kutatófurások adatainak felhasználásával megszerkesztettük a gypükajáni területen a kréta időszak medencealjzat domborzatát és szerkezeti vázlatát. Az előkutatás fázisa ezzel lezárult, kibontakozott a területen egy bányászatilag művelhető szénmező képe, amely a következő kutatási fázisokat megalapozta, és amelyet ettől kezdve *Ajka-II* területnek neveztek el. A felderítő, részletes fázisú kombinált geofizikai és fúrási tevékenység közvetlenül csatlakozott az előkutatáshoz, és a nyersanyag-termelékenység miatt a különböző fázisú kutatások rugalmasan átfedték egymást. Érzékelhető volt az új, korszerű geofizikai módszerek széles körű felhasználása, amelyet a kutatás további szakaszain sikerrel alkalmaztunk. Ilyenek voltak a Maxi-Probe rendszerű frekvenciaszondázások a felderítőkutatásban, valamint a vibroszeiz mérések a részletes kutatásban. Tekintettel arra, hogy a kutatás jellege a részletes fázis felé tolódott el, néhány régebben alkalmazott módszer háttérbe szorult, és a vibroszeiz forrású, többszörös fedésű szeizmikus reflexiós mérések domináltak.

A kutatás során egy bonyolult logisztikai feladatot is meg kellett oldani tekintettel arra, hogy a területen több fúróberendezés működött, és ezek fúrópontokkal kellő időben történő kiszolgálása fontos követelmény volt. Ennek megfelelően a 6- vagy 12-szeres fedésű szeizmikus szelvényt az ELGI számítógépközpontjában feldolgozták, és megjelenítették a migrált reflexiós szelvény színes változatait. Az eredmények összevetése az újabb fúrási adatokkal, az adatok értelmezése és az újabb fúrásponatok kijelölése a Veszprémi Szénbányák Földtani Osztályán a geológus, a geofizikus és a fúrásszakemberek egyetértésével történtek. A fúrástelepítésnél fontos szempont volt, hogy lehetőleg minden kimutatott szerkezeti egységre jusson fúrás, ami a mérési eredmények igazolását jelentette, valamint a fúrás a széntelepes összlet vastagságára és minőségére adjon adatot. Ezzel a munkarenddel sikerült elérni, hogy egy reflexiós szelvény le-mérése után nagyon rövid idő, azaz néhány hét múlva már újabb fúrásponokat lehessen a fúróberendezések számára kijelölni. A hatékonyságot az így javasolt Gy-21 fúrás is igazolta, amely a felszíntől 605 m mélységben 11 m összvastagságú és kb. 12,5 MJ/kg átlagos fűtőértékű széntelepet harántolt.



4-28. ábra. A Se-21 szeizmikus szelvény (1984). a) Frekvencia szerinti színezéssel, b) amplitúdó szerinti színezéssel, 1: felső kréta Jákói Márga Formáció, 2: felső kréta Ajkai Kőszén Formáció, 3: alsó és középső kréta Sümegi Márga Formáció, 4: felső jura mészkő, 5: felső triász mészkő

Példaként bemutatjuk a Se-21 szeizmikus szelvényt, ahol az amplitúdó és frekvencia szerint színezett szelvények együttes értelmezése az egyes geofizikai szintek meghatározását egyértelműbbé, és a vetők kijelölését biztosabbá tette. Így az Ajkai Kőszén Formációból ( $Cr_3$ ) származó reflexiók jellegzetesen 50–70 Hz közötti frekvenciaértékkel (4-28a. ábra) és hosszan követhető nagy energiájú reflexiókkal jelentkeztek (4-28b. ábra). Az Ajkai Kőszén Formáció felett és alatt el-



4-29. ábra. A preszenon medencealjazat mélységtérkép Gyepükaján környékén (1983).  
1: produktív fúrás, 2: meddó fúrás, 3: MFS vonal, 4: szeizmikus vonal

helyezkedő márgarétegek (a Jákói Márga és a Sümegi Márga Formáció) 30–50 Hz közötti frekvenciával és lényegesen kisebb energiával jelentkeztek.

A geofizikai mérések és a fúrások adatait terepi számítógépközpontban tároltuk, az újabb adatokkal folyamatosan kiegészítettük, így mindenkor az igényeknek megfelelő, naprakész információkkal szolgálhattunk.

Az Ajka-II felső kréta (szenon) kőszén-előfordulás kutatását 1985-ben sikeresen befejeztük. Az eredményeket zárójelentésben foglaltuk össze, amely tartalmazta a kutatási területről elvégzett készletszámítást is, ez 105 Mt kitermelhető szénvagyonot prognosztizált. Ez a szénvagyon hosszú távon biztosította volna az Ajka környéki, kimerülőfélben lévő szénbányák működéséhez szükséges nyersanyagot. Sajnos azonban a bányanyitás nem valósulhatott meg az állami nagyberuházások befagyasztása miatt. Az 1980–1985 között végzett Ajka-II felső kréta szénkutatási program munkálataiban a MÁFI, az ELGI és a Veszprémi Szénbányák vettek részt. A mélyfúrásokat az OFKVV Várpalotai Üzemegysége mélyítette.

#### **4.2.5. Bauxittároló szerkezetek kimutatása (példa: Bakonyoszlop)**

*Tóth Csaba*

Amit geológus és bányász kollégáink nehezen fogadtak el: az 1970-es évek elején számunkra már nyilvánvaló volt, hogy hálózatos geofizikai mérésekkel ki lehet mutatni a 100–200 m mélységben lévő triász aljzat mélyedéseit mint lehetséges bauxittároló szerkezeteket. Bár ezek a „perspektivikus objektumok” gyakran bauxitra meddőnek bizonyultak, és sok esetben az eocén mészkő a bauxittestet a felismerhetetlenségig eltakarta, hittünk abban, hogy a geofizikai előkészítés növeli a kutatás hatékonyságát, csökkenti annak költségét és időigényét. A BKV szakembereivel később, Bakonyoszlop példáján közösen kialakított kutatás filozófiáját a következőképpen fogalmazhatjuk meg: „A feladat a triász aljzat mélységének megbízható, gyors és olcsó feltérképezése azokon a részterületeken, ahol a felszíni geológiai információk nem adnak támpontot a fúrás telepítésére. Gyors, őszinte és közvetlen adatszolgáltatással a legkecsegtetőbb helyeket fúrással ellenőrizni, majd a fúrások adataival javítani a mérések értelmezését. Iparilag hasznosítható bauxit esetén a fúrás környezetének továbbkutatása jobb felbontható, részletesebb (és ezért fajlagosan költségesebb) geofizikai mérésekkel.” Ezt a megterhelő, sokszor a normális napi életéről való lemondással járó munkát neveztük dinamikus fúrástelepítésnek.

A bakonyoszlói bauxit-előfordulás – a közephegységi bauxitövezetnek a Bakony ÉNy-i sávja triász időszakos karbonátos kőzetein található „karszt-bauxittelepeivel” – a 60-as évektől nemcsak kutatási és bányászati perspektívát, hanem geofizikai tesztterületet is nyújtott sajátos geofizikai modellje révén.

1967–1973 között áttekintő komplex geofizikai mérésekkel a Bakony É-i peremén (Pápateszér–Fenyőfő–Bakonyszentlászló környékén, a csatka medence nyugati részén, a Szápár–móri medencében) észak (a Kisalföld) felé kb. a 600 m-es medencealjzat-mélységig kutattak. Körülhatárolták a rédei, a Súr-akai kiemelkedő rögvonalat; a csatka medence déli peremét Bakonyoszlóig kutatták. Az akkori mérések gerincét térképi gravitációs, szelvény menti egyenáramú szondázó és potenciáltérképező, valamint szeizmikus refrakciós módszerek alkották. A mérések eredményeképpen megállapították a nagytektonikát, elkülönítették azokat a területrészeket, ahol a medencealjzat 200–400 m-nél nem mélyebb, vagyis ahol bauxit és eocén barnaszén feltárására a mélység kedvező lehet.

Az akkori ritka mérési hálózat miatt az erősen tagolt vetőrendszer, a kisebb tektonikai elemek meghatározására nem volt lehetőség. A délen elhelyezkedő bakonyi belső kibúvásos és sekély mélységű, valamint a peremi közép mélységű (50–200 m) területeken – ott, ahol a fenyőfői és bakonyoszlói bauxit-előfordulás is van – viszont nem volt semmilyen geofizikai mérés.

Bakonyoszló térségében a bányászatra kiemelten alkalmas 50–200 m-es mélységű bauxittelepek sajátos módon eocén korú mészkővel fedetten fordulnak elő. Ez a mészkő fizikai paramétereiben hasonlít a bauxitfekükként szelplő dolomithoz és mészkőhöz, azaz nagy a sűrűsége, fajlagos ellenállása és szeizmikus határsebessége. Emiatt az egyes „rétegfelület-követő” szeizmikus és elektromos módszerek csak a fedő mészkő felületét jelzik. Azaz az eocén fedő mészkő a geofizikai módszerek számára mintegy „felülről leárnyékolja”; azaz lehetetlenné vagy nehezen kimutathatóvá teszi a bauxitot tartalmazó szerkezetet.

Amíg megállapítható volt (ld. 4.2.6. szakasz), hogy a geoelektromos ellenállásmérések alkalmasak és gazdaságosak a *felszínközeli* bauxittestek kutatására, mert kijelölik az aljzatbemélyedések helyét, az eocén „árnyékoló” összlettel fedett bauxittestek kutatása ilyen módon nem látszott megoldhatónak. A 70-es évek elején Bakonyoszlópon (Du-24 fúrás körül) nagy pontossággal és 2-3 irányú terítés mellett végzett kezdeti kísérleti VESZ mérések eredményei szerint az ottani kifejlődésű eocén takaróréteg alatti bauxittároló szerkezetek kimutatását lehetetlennek tartották, a területre irányuló potenciáltérképezést és további kísér-



leteket nem javasoltak. A bauxitipar növekvő igényeire nézve viszont szükséges volt a terület bauxitperspektivitását, a költséges kutatófúrások helyes telepítését geofizikai mérésekkel előre jelezni és segíteni. Ehhez újra vizsgálni kellett az itt jellemző, sajátos bauxitföldtani modellt és az ehhez rendelkezésre álló geofizikai módszeregyüttest.

A vizsgálatok során kiderült, hogy a bakonyoszlói bauxitlencsét fedő mészkőösszlet nem egy folyamatos réteggént települ, hanem zömében a bauxitlencsét lefedve – sokszor „berogyásos” jelenséggel – fordul elő. A preformáló vetők mentén a triász földolomit és az eocén mészkő nem érintkezik szorosan, és itt tektonikai, eróziós vagy karsztosodás hatására zömében agyagos jól vezető zóna alakulhatott ki. Ráadásul a bauxitlencse körüli zónáknál helyenként az eocén mészkőösszlet egészen kivékonyodik, sőt meg is szűnik.

A fenti sajátosságok figyelembevételével kialakított új geofizikai modellhez kerestünk és találtunk olyan módszereket, melyek további hasznos információkkal szolgáltak a keresett, mészkővel fedett, töbrös, helyenként preformáló vetőkkel határolt töréses-árkos bauxittelepekről.

Az egyik új módszer a potenciáltérképezés (ld. 8.3.3.1. szakasz) forrás-optimalizálása volt, melynek segítségével igen sok – később produktívnak bizonyult –, eddig észre nem vett vezetőképesség-anomáliát sikerült kimutatni. Azért van szükség az AB elektródatávolság (forrás) optimális megválasztására, hogy az áram kevésbé hatoljon a bauxitfekübe, következésképp a fekvő vezetőképesség-adaléka kicsi legyen, így a számunkra érdekes vezetőképesség-anomáliák nőjenek. E módszer alkalmazása jól kiegészítette a hagyományos egy- és kétáramvonalas potenciáltérképezés eredő, valamint „tenzoriális vezetőképesség”-térképeit. Az így kimutatott új anomáliák értelmezését igazolták és segítették a MTA GGKI-ban később végzett fizikai modellkísérletek két- és háromdimenziós esetre egyaránt.

A másik új módszer, a Fúrás-Felszín Gradienstérképezés (FFG) a potenciáltérképezési kísérletek során alakult ki azzal a gondolattal, hogy ha egy áramforrást a kimutatandó objektum közelébe, egyúttal az árnyékoló réteg alá helyezünk, akkor annak hatása az áramtérre (az anomália) nagyobb lesz. Ezért az egyik áramelektrodát tegyük fúrásba, az árnyékoló mészkő alá, a másikat pedig vigyük (gyakorlatilag végtelen) távolra. A BFG méréseknél mindkét áramelektrodát egy-egy fúrásban helyezzük el (ld. 8.3.3.2. szakasz). Az elektródaelrendezés az érckutató „töltött test” (TT) módszerénél alkalmazottal azonos. Módszertanilag viszont lényeges különbség a TT módszertől, hogy – egy érc-tömmel ellentétben – a bauxittest és környezete között nincs nagy ellenálláskontraszt. Ugyanakkor

létezik nagy ellenállású medencealjzat, melyet jól vezető fedőösszlet (abban akár árnyékoló réteggel) takar. Így az FFG-nél az aljzat felszínét (többször) térképezzük, nem pedig a test (érctömzs) és környezete felett a felszíni potenciál-eloszlást, mint a TT esetében.

A módszer feldolgozási eljárása új elméleti alapokra épült. A látszólagos vezetőképességnek az a képe lesz jellemző az árnyékoló réteg alatt a medencealjzatban lévő, esetleg bauxitot is tartalmazó bemélyedésekre, amely a felette (mint természetes modell felett) mért térerősségből az elméleti modell (a síklappal helyettesített medencealjzat-felszín + az azt fedő réteg) hatásának eltávolításával alakul ki. Az elméleti alapok és a geofizikai módszertan *Simon A.*, az elméleti térerősség számolása *Szigeti G.*, *Bojár G.*, a terepi technika kidolgozása és gyakorlati bevezetése *Bodri Gy.* és *Tóth Cs.* munkája volt.

A feldolgozáshoz és a terepi technikához fontos volt a kutatandó rétegsor paramétereinek (a medencealjzat átlagos mélysége, a fedőréteg átlagos fajlagos ellenállása) előzetes ismerete. Ezeket az elektróda lehelyezéséhez alkalmazott és más fúrások, illetve a térképezési területen mért VESZ szondázások adataiból, határoztuk meg. Ehhez sikerült megfelelő kapcsolatot kialakítani a BKV fúrásokat irányító geológusaival (*Károly Gy.* és a mindenkori terepi geológusok: *Pópit József*, *Baross Gábor*, *Molnár Pál II.*) és műszaki szakembereivel. Ugyanakkor az ELGI terepi részlegeinek külön nehézséget és szervezői munkát adott az, hogy ismerni kellett a területen folyó fúrási tevékenységet (adatokat, a fúrás befejezését) ahhoz, hogy az elektródák helyes, szakszerű lehelyezése a fúrócsoportok munkájának zavarása nélkül történjen. A közel 20 éves – sokszor emberpróbáló – terepi kutatás csak a DÁKO, illetve később SZÁF geofizikus technikusaival (*Bakó J.*, *Illés Gy.*, *Pém J.*, *Strohmayer J.*, *Antal A.*, *Bagi J.*, *Ladányi G.*) nagyszerű hozzáállásával valósulhatott meg.

Bakonyoszlopon – speciális bauxitgeofizikai „árnyékolós” modellje miatt – mindvégig és folyamatosan zajlottak (hazai és külföldi intézetek, cégek részvételével) kísérleti és tesztmérések különböző módszerekkel és műszerekkel. A geofizikai mérések egy része módszertani kísérlet volt, melynek részeredményei az ELGI *Évi Jelentéseiben*, különböző hazai és nemzetközi fórumokon kerültek ismertetésre. Szinte minden – nem kis fáradsággal és ügyességgel – Magyarországra hozott elektromos és/vagy elektromágneses műszer képességeinek egyik tesztterülete Bakonyoszlop, az itteni bauxitmodell volt. A tesztmérések során megismertük a külföldi módszert és műszert, de természetesen sokuk nem tudta a nehéz földtani modell követelményeit teljesíteni.



A bakonyoszlopi bauxitmodellen elvégzett kísérletek új módszerek (FFG, BFG, MFS, TEM) kifejlesztésével, a meglévő módszerek (PM, VLF, TURAM stb.) speciális terepi-feldolgozási-értelmezési eljárásainak továbbfejlesztésével nemcsak a bakonyoszlopi, hanem más területek (és nem csak bauxit célzatú) kutatását – ha közvetve is, de – elősegítették. A geofizikai módszertani kísérleteket, majd a rendszeres területi felmérést a BKV kutatási tevékenységéhez igazodva, majd azzal összehangolva végeztük. A lehetőségeket nagymértékben meghatározta az anyagi fedezet, melyet (kezdetben a KFH, később a BKV) a kutatások általi készletnövekedéssel arányos mértékben biztosítottak. Az itt végzett geofizikai módszerenkénti kutatások időbeli megoszlását táblázat szemlélteti (ld. Függelék II. táblázat).

Bakonyoszlopon 1965 és 1990 között az alábbi kutatási rendszer kialakítása/alkalmazása történt:

- 1) *A felderítő kutatás során* a medencealjzat különböző mélységű blokkjainak, nagyszerkezeti elemeinek meghatározását *területi* gravitációs, valamint *szelvény menti*, elsősorban szeizmikus reflexiós és (később) elektromágneses frekvenciaszondázó mérésekkel végeztük. Ekkor a 400 m-nél nem mélyebb medencealjzatú területek további felderítő továbbkutatásával külön kijelölésre kerültek a 250 m-nél kisebb mélységű területek, valamint ezeken bejelölték a bauxitra reményteljes geofizikai anomáliák (VLF, PM, FFG-BFG, TURAM és gravitációs térképező módszerek mérései alapján). A felderítő fázisban lemért geofizikai paramétertérképekből szintazonosító fúrási és geofizikai mélységadatok alapján olyan medencealjzat-mélység-térkép készült, melyeken kijelölték a bauxitra különbözőképpen reményteljes területeket. Az időközben lemélyített fúrások és lemért geofizikai mérések alapján ezeket a mélység- és eredménytérképeket állandóan újraszerezgették.
- 2) *A részletező fázisban* a már előzőleg kijelölt reménybeli geofizikai anomáliákon – fúrás-előkészítő vizsgálattal – fúrást telepítettünk. Ha a telepített első fúrás *eredményes* volt (azaz bauxitot harántolt), akkor további feladatot adott a bauxittest valószínű elhelyezkedésének, méretének meghatározása, azaz a *bauxitlencsék lehatárolása*, illetve fúrásos továbbkutatásának elősegítése PM, FFG, BFG módszerrel. Érdekes feladatot jelentett az ismert bauxitlencsék közötti kapcsolat megvizsgálása vagy a már egy, illetve néhány fúrással megismert bauxitlencse fúrásos továbbkutatásának geofizikai előkészítése (elsősorban FFG, BFG módszerrel). Ha az első fúrás *meddő*

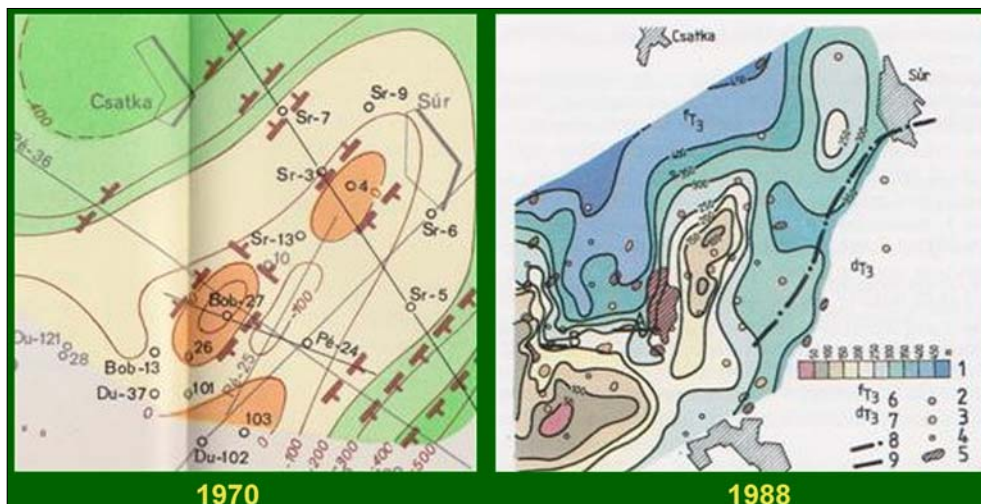
lett, akkor megvizsgáltuk, hogy a geofizikailag kijelölt bemélyedés igazolódott-e, jó-e a mélységszámítás, a fúrás tényleg a legjobb helyre került-e, nincs-e jobb helyzetben lévő pont a feltételezett bemélyedés kimutatására, vagy a bauxittest harántolására. Ha a fúrási és a geofizikai vizsgálatok egybehangzóan azt mutatták, hogy egy terület (anomália) bauxitra meddő, akkor azt a további kutatásból kizártuk.

A bakonyoszlopi közel 20 éves (1972–1990) rendszeres geofizikai kutatás első 10 évében, az 50–200 m mélységű peremi zóna területén részletes (50×50, helyenként 25×25 m-es hálózatu) mérésekkel teljesen megismertük a földolomit medencealjzatának domborzatát. A kutatások fókusza az itt kijelölt, mintegy 8 km<sup>2</sup>-es Bakonyoszlop-I. koncentráció volt, melyen kimutattunk több mint 25 jó minőségű bauxitot tartalmazó (zömében eocén mészkővel fedett) bauxittároló bemélyedést. A több mint 25 lencsén lemélyült kb. 700 db fúrás mintegy 52%-a harántolt bauxitot, ezek 85%-át fedte eocén mészkő.

Eközben sor került a bauxitkoncentrációtól délre, a Dudar felé eső kibúvós, sekély mélységű terület részletes felmérésére is, ahol 25×25, helyenként 12,5×12,5 m-es hálózatu mérésekkel megismertük az aljzatdomborzatot, és kimutattunk sok (több mint 15 db) kisméretű, felszínközeli, gyengébb minőségű bauxitot tartalmazó töbröt.

A kutatások a 80-as évektől egyre intenzívebben terjedtek ki a peremi zónától (150 m-nél) mélyebben fekvő területekre, észak és keletre. Ennek során – több mint 15 db újabb bauxittároló kimutatása során – 1985-től különösen jó minőségű bauxittelepeket találtunk a peremtől keletre eső zónában.

1985-től érdekes és igen eredményes részletező (szelvény menti Maxi-Probe) elektromágneses mérésekkel támogattuk a Bakonyoszlop-I. koncentrációtól keletre (a „súri maximum” felé) talált csetényi bauxittelepek kutatását. Ezek közül legnagyobb méretű (több mint 50 ha) a Csetény-I. sz. telep, mely összetett telep típusú. A Ny-i oldalán nagy elvetési magasságú vetővel határolt, nyugodt településű, rétegszerű telep vastagsága 5–15 m (de 25 és 42 m-es vastagságok is előfordulnak), minősége igen jó (8-9 modulus), bauxitvagyon 4-5 Mt. A bauxit fekszik zömében földolomit, közvetlen fedőjét eocén szenes képződmények, mészkő és márga alkotják. Sajnos ezek a bauxittelepek karsztvízszint alatti (200 m-nél mélyebb) elhelyezkedése jelenleg lehetetlenné teszi a bauxit ki-termelését, jelenleg nem kerülhetnek a bányászatra számba vehető nyersanyag-vagyonok közé.



4-30. ábra. A földtani ismeretesség változása a Csetény-I. telep körzetében. *Jelmagyarázat:* 1 – bauxitfekü felszíntől számított mélysége, 2 – ipari bauxit fúrásban, 3 – bauxitindikáció fúrásban, 4 – meddő fúrás, 5 – bauxittelep, 6 – fő dolomit-formáció, 7 – dachsteini mészkő-formáció, 8 – felső triász képződményeket elválasztó határ, 9 – elektromágneses szelvény

A geofizikai kutatási tevékenységre elmondható, hogy az 1973–1990 közti mintegy 17 év több mint 1000 kutatófúrás zömét geofizikailag előkészített területen, a geofizika által javasolt, azzal egyeztetett pontokon mélyítették le. A piacgazdaságra való áttéréssel a területi kutatás egyre csökkent, majd abbamaradt. A Bakonyoszlop-I. koncentráció területén a 90-es évekig talált mintegy 20 Mt bauxitvagyonból a község DK-i szélén sorra megnyílt három bauxitbányában 1999–2012 között 10 bauxittelepből (felszíni és mélyműveléssel) – zömében a karsztvízszint felett – mintegy 2,5 Mt bauxitot termeltek ki. 2013-tól egy bauxit- és széntelep tartalmazó „karsztvíz-veszélyes” bányanyitással eocén széntermelés kezdődött.

Az 1970-es évek végén a bauxitipar és az ELGI kutatói – megvizsgálva az iharkúti és a bakonyoszlopi bauxit-előfordulás geofizikai kutatásának hatékonyságát, alkalmazási lehetőségeit – a következő főbb megállapításokat tették:

- a bauxitkutatás a korszerű geofizikai módszerekkel hatékonyabbá és gyorsabbá vált,
- a korszerű fúrástelepítéshez elengedhetetlen a tektonikai, bauxitföldtani és geofizikai stb. adatok és elemzések naprakész ismerete, folyamatos értelmezése,

- a korszerű geofizikai módszerek eredményes alkalmazásának alapfeltétele, hogy adott terület kutatása során a méréseket több ütemben végezzék, és a mérések szorosan illeszkedjenek a földtani-bányászati kutatás különböző fázisaihoz,
- a geofizika hatékonysága maximálissá tehető, ha egy kutatási fázis egy-egy ütemében több módszer eredményeit bauxit-földtanilag komplexen értelmezik, és a fúrásokat ez alapján telepítik. A fúrási eredményekkel pontosítják a korábbi értelmezést, és a további geofizikai méréseket ennek megfelelően tervezik, a legérdekesebb területrészekre koncentrálják. Így – ezzel a *dinamikus fúrástelepítéssel* – az egész kutatás felgyorsítható, költsége csökkenthető,
- lényegesen megnövekedett az egyidejűleg rendelkezésre álló fúrási-földtani és geofizikai adatmennyiség.

A fenti tapasztalatok, megállapítások alapján az elemzők kimondták, hogy a földtani-geofizikai információk mennyiségének gyors növekedése, a számítógépek jelenléte, a hatékonyságuk miatt korszerű adatfeldolgozási módszerek bevezetésének szükségessége és nem utolsósorban a menedzselés, a döntéshozatal sebességének kényszerű növekedése miatt indokolt mielőbb létrehozni számítógépes földtani-geofizikai adatbázisokat.

Ezt felismerve a Magyar Alumíniumipari Tröszt (MAT) elkezdte saját iparágában a bauxit számítógépes információs és feldolgozási rendszereinek a létrehozását és finanszírozását. Ehhez kapcsolódva kezdte el az ELGI 1980-ban a bakonyoszlopi bauxit-előfordulás területére vonatkozó kidolgozását a „Felszíni geofizikai mérések és fúrások adatainak számítógépes feldolgozása útján a különböző kutatási lépcsőkben szerkeszthető földtani kép grafikus megjelenítése” című témának. A több éven át tartó projektben a számítógépes programcsomag, a földtani-geofizikai adatbázis- és grafikus rendszer kiépítését Gosztonyi L., Nagy I., Kaszás F. és Tóth Cs. végezték. Az eredmények jelentései adattárban megtalálhatók.

A bakonyoszlopi fúrási adatlapokból, helyszínrajzokból, felszíni földtani térképi adatokból, valamint mért pont-, szelvény- és térképszerű geofizikai adatokból létrehozott adatbázisból lehetőség nyílt bármely irányú földtani szelvény, izovonalas mélység- és vastagságtérkép szerkesztésére-rajzolására és színes, háromdimenziós képek rajzolására (melyek színezésével szemléltethető volt pl. a feküdomborzat változása, a bauxitelterjedés, vagy a karsztvíz-veszélyes mélység-

ben elhelyezkedő medencealjzat elhelyezkedése is). Elmondható, hogy a megfelelő grafikus kiépítésű HP-9845 asztali számítógépre kialakított speciális adatbázis-kezelő rendszer – már a 70-es évek végén – mint egy korai térinformatikai rendszer működött.

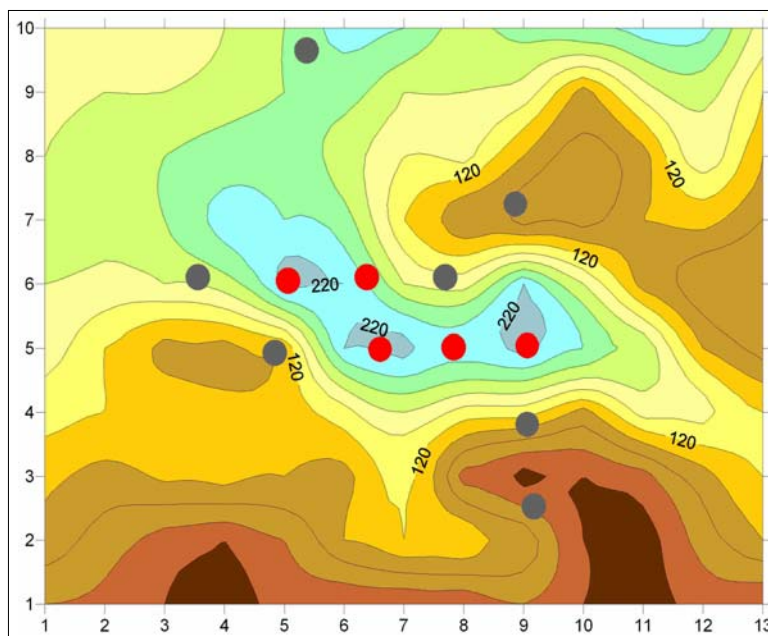
#### **4.2.6. A mélyárkos-töbrös bauxittestek kutatása (példa: Iharkút)**

*Kakas Kristóf*

Az ország bauxittermelésének zömét a II. világháború alatt és után a viszonylag nagy területű, telepszerű bauxit-előfordulások adták (Gánt, Halimba, Iszcaszentgyörgy, majd Fenyőfő). Bauxitgeológusaink tudták, hogy a középhegységben kell lenniük „töbrös” bauxittesteknek is, de ha ezek nem jelentkeznek felszíni indikációval (azaz le vannak fedve fiatal képződményekkel), akkor geológiai térképezéssel lehetetlen ezeket megtalálni. 1970-ben merült fel annak a szükségessége, hogy KFH tervfeladatként geofizikai módszerekkel keressünk bauxitot az ismert előfordulásoktól viszonylag távoli zónákban. Az első ilyen kutatási terület a Vértes belső zónája volt (1970–1971), ahol a gánti előfordulás aszimmetrikus, árkos teleptípusát feltételezték kisebb méretekben, de felszínközelben.

Két év alatt felmértük a „Vértesplató” belső, valóban aszimmetrikus árkokra kiterjedő nem kibúvásos zónáit. A mérések alapján telepített néhány (de nem elegendő számú) fúrás, bár igazolta a geofizikai módszerekkel kimutatott „bemélyedéseket”, nem talált műrevaló bauxittesteket Gánttól ÉK-re (és a gánti bánya a készletek kimerülésével nemsokára be is zárt). Egyedüli eredmény a várgesztesi, egyébként le nem művelt széntelep és a szár-szárújtelepi-árokból később megkutatott bauxitlep kimutatása volt.

Hamar kiderült azonban az is, hogy nagy területeken mind a mikrogravitációs felmérés, mind a szeizmikus refrakciós szelvényezés túl drága és lassú, még akkor is, ha potenciáltérképezéssel meg tudjuk találni a „tektonikus árkok” mélyzónáit. A sümeg–nyírádi bauxit-előfordulás Ny-i peremterületén (itt már a Bauxitkutató Vállalat által 1970-ben megrendelt) méréseink egy másik hiányságra is rámutattak. Arra kell felkészülni, hogy a kimutatandó/lehatárolandó „bauxitlencsék” kisméretűek (hiszen a nagyobb bauxittesteket nagy valószínűséggel már elődeink megtalálták), tehát a mérést általában 25×25 m-es hálózattal kell elvégezni. 1972 januárjában a ritkább hálózattal felmért, és az ismert bauxittestet nem detektáló geoelektromos mérést 20×20-as hálózattal ismét felmérve, először sikerült potenciáltérképezéssel lehatárolni egy bauxittestet. Érdekes

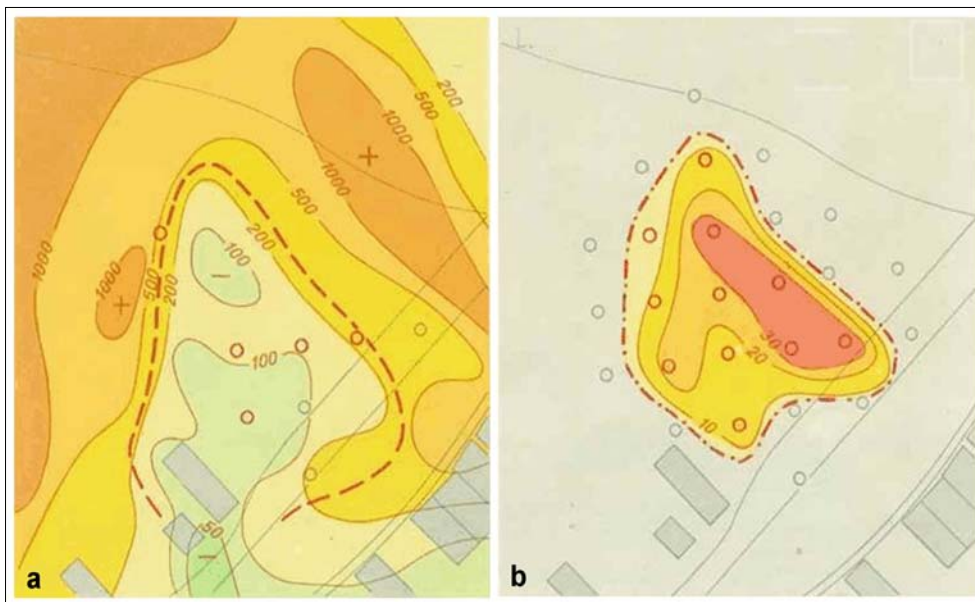


4.31. ábra. Vezetőképesség-térkép a Surgot-V. bauxitlencse felett, a produktív (piros) és meddő (fekete) fúrások helyével

módon az ugyanekkor végzett mágneses szelvényezés is kimutatta a bauxit jelenlétét, de mágneses mérést (sajnos) nem alkalmaztunk a bauxitkutatásban, egyszerűen azért, mert a mágneses mérés akkor túl lassú (ezért drága) volt (az első, nagy termelékenységű proton-magnetométert, egy lengyel PMP-2 műszert 1979-ben vette meg az Intézet).

A felszínközeli, kis kiterjedésű, de olcsón és gyorsan kitermelhető bauxit-töbrök kutatására még a potenciáltérképezés is túl drága módszernek bizonyult. 1972-ben jelent meg az első, VLF tartományban működő rádiófrekvenciás ellenállásmérő műszer, amely elegendően nagy kutatási mélységet biztosított ennek a feladatnak a gazdaságos elvégzésére (ld. 8.3.3.3. szakasz). Az ELGI 1974-ben vásárolta meg a Geonics cég EM-16R műszerét, amelynek bevezetése már abban az évben átütő sikert hozott.

Az iharkúti bauxit újrafelfedezése ennek az évnek szenzációja lett. Míg a fúrógép a második lyukat fúrta az Iharkút-I. lencsén, VLF ellenállás-térképezéssel másfél óra alatt meg lehetett határozni a bauxitlencse határát, és azt



4.32. ábra. VLF ellenállás-térképezés az Iharkút-I. területen 1974-ben. a) Ellenállástérkép és az ennek alapján prognosztizált bauxittest-határ, b) az Iharkút-I. töbrös bauxitvastagság-térképe

állítottuk, hogy a bauxittest mélysége hasonló az átmérőjéhez. Miután ez igazolódott, Bodri Gyula heteken belül két hasonló, kisebb bauxittestet talált VLF mérésekkel.

Az ilyen (mélyárkos-töbrös) teleptípus létezése és az azokban található jó minőségű, könnyen kitermelhető bauxitvagyon indokoltá tette a kibúvásos területek rendszeres, gazdaságos felmérését. A BKV-vel közösen kialakított és megvalósított eljárás a következő volt. *Mivel a felszínközeli bauxittestek mindegyike vezetőképesség-maximumot jelent, és a (néhány méter talajjal elfedett) dolomitkibúvások nagy ellenállásúak, gyors és olcsó módszerrel, sűrű hálózatban fel kell mérni a kibúvásos területeket. A továbbkutatásból ki kell zárni a nagy ellenállású zónákat, a vezetőképesség-maximumok értékelését a méréseket szorosan követő fúrásokra kell hagyni, de a produktív szerkezeteket mérésekkel kell lehatárolni.*

Az iharkúti kibúvásos terület térképezése – elsősorban VLF mérésekkel – éveken át sikeresen folyt. Sorra találtunk kisebb-nagyobb bauxittesteket. Az ellenállás-minimumoknak természetesen csak kis része bizonyult bauxitnak. Ami





4-33. ábra. A mélyárkos-töbrös bauxittelep egy példája: az IK-II és Nb-IX bauxittest

azonban a kutatási eljárás helyességét igazán bizonyította: egyetlen fúrás sem talált bauxitot ott, ahol a méréseink nagy ellenállású zónát jeleztek.

Az iharkúti bauxit-előfordulás területének csak egy része kibúvásos. A kibúvásos területhez DNY-on csatlakozó „peremi terasz” is produktívnak bizonyult, de itt már a „közepes aljzatmélységű” területeken sikeres, az előző fejezetben (Bakonyoszlop) ismertetett paradigma volt alkalmazható. Az első ilyen, felső kréta és oligocén összlettel fedett bauxittestet egy olyan fúrás ütötte meg, amelyet a potenciáltérképezés eredményeként telepítettünk. A későbbiek során az összes többi „bauxitkutató” módszer is szerephez jutott az iharkúti bauxit-előfordulás megkutatásában.

1975-től kezdve egy évtizedig folytak a bauxitkutató mérések Iharkút körzetében. Szükségképpen felrúgva a kutatási fázisokra vonatkozó előírásokat, egymás mellett folyt az előkutatás (pl. a bakonyjákói medence és a csehbányai gerinc átnézetes felmérése), a felderítőkutatás (pl. Németbánya és a Sármási Magasrög körzetében), a részletes kutatás (pl. az Iharkút-I. koncentráció határain belül). A BKV meghatározása szerint „a fázisok összecsúsztak”. És mindközben elindult a kitermelés is, amelynek volt egy, a kutatást és a szemléletet nagyban elősegítő hozadéka. A bányászat feltárta a bauxittároló szerkezetet, a geofizikus látta, hogy az előző évben kimutatott geofizikai anomáliát mi okozta, a geológus pedig megismerte a „mélyárkos-töbrös” teleptípust. A geo-



fizikai mérések még a bányászati kutatás fázisában is szerephez jutottak. 1983-ban radarmérésekkel és ellenállás-szelvényezéssel határoztuk meg az Iharkút-V. bauxittest külfejtésével feltárt bauxitfelszínen a bányaudvar alatt a bauxittestbe alulról és oldalról benyúló dolomittesteket (azaz, a bauxitkeletkezés idején ott levő karsztmorfológiát). Ez volt az Intézet történetében az első földradarmérés, még kölcsönként műszerrel.

Mivel a fázisok tervezése során a geofizikai eredmények nagy súllyal estek latba, az előfordulás peremterületeinek kutatása is eléggé logikus rendet követett. A bányászat fokozatosan vett át bányanyitásra egyes részterületeket, mialatt a mérések és a fúrástelepítés már a peremvidékek feltárását végezte. Így kerültek megkutatásra az Iharkúttól ÉK-re fekvő kibúvásos területek, ahol kisméretű, de nagy bauxitvastagságú és jó minőségű bauxittesteket sikerült kimutatni, elsősorban VLF térképezéssel (Pápavár, Királykapu, Vörösföld).

A történethez az is hozzátartozik, hogy a 80-as években kifejlesztett és például a gercsei bauxitkutatásban eredményesen használt elektromágneses mérések (Maxi-Probe és TEM/tranziens szondázás) Iharkút körzetében már nem jutottak nagy szerephez (mert a közepes mélységű kutatások nagyrészt befejeződtek).

Az Intézet több éven át itt végzett munkája több szempontból is tanulságos, és mind szakmai, mind gazdaságirányítási vonatkozásban sikeres volt.

A 70-es évek közepére beértek a geofizikai nyersanyagkutatás egyes fejlesztési elképzelései, tapasztalatai. Viszont ezek nem kaptak volna elismerést (és további bátorítást), ha nem egy produktívnak bizonyult terület kutatásán alkalmazzuk a geofizikai méréseket. Az iharkúti bauxit-előfordulás földtani készlete 9,7 millió tonna, amelyből 2005-ig 6,3 millió tonnát bányásztak ki. A 7 részterület összesen 69 megtalált bauxittestjét szinte kizárólag geofizikai „anomália” alapján fúrták meg, és ezt a BKV vezetői is méltányolták. A „sikerességnek” nagy szerepe volt abban, hogy az Intézet a 80-as években komoly fejlesztési támogatást kapott a kormánytól.

Részben azért, mert nagy mennyiségben kellett éveken át fúrástelepítési adatokat átadni a fúrócsoportoknak, de még inkább azért, mert igen jó (és a vezető, *Szantner Ferenc* és *Szabadvány László* által szigorúan megkövetelt) szakmai együttműködés alakult ki a BKV Kutatási Osztálya és az ELGI Bauxitkutató Osztálya között. Folyamatos volt a „dinamikus fúrástelepítés”, azaz a geofizikai eredmények közvetlen felhasználása a fúrásponatok kitűzésében, és a geofizikai értelmezés azonnali korrekciója a fúrási eredmények birtokában. E „szinergia”

alapja egymás munkájának kölcsönös elismerése, a határok reális felmérése és a formalitások nélküli együttműködés volt. Az iharkúti és bakonyoszlopi, több fázison átnyúló (és akkor még be nem fejezett) kutatást a MAT, a BKV és az ELGI egy közös tanulmánya értékelte. Ennek a geofizikára vonatkozó legfontosabb megállapításai:

- a geofizikai mérések alkalmazása lerövidítette a kutatási időt (mert egy részterület perspektivitását nemcsak fúrások, hanem geofizikai adatok alapján is el lehetett dönteni),
- minden geofizikai mérésre költött 1 Ft 26 Ft-tal csökkentette a teljes kutatás költségét, mert csökkenteni lehetett a meddő fúrások számát.

A fúrásos kutatás igényeinek közvetlen kielégítése (azaz a fúrócsoportok ellátása javasolt tervpontokkal) megkövetelte a gyors adatfeldolgozást és a közvetlen adatszolgáltatást. Az ELGI ezért vitte terepre 1976-ban az első terepi (mobil) számítócentrumát, amelyben egy HP 9815-ös kisszámítógép működött. Ily módon az aznap lemért PM, FFG vagy VLF térkép (később a Maxi-Probe vagy tranzien szelvény) másnap reggelre Balatonalmádiban a főgeológus asztalára kerülhetett, aki az adatok alapján dönthetett arról, hogy a fúrógép hova költözzön.

A sikeres részvétel a bauxit- és szénkutató programokban lényegi változást követelt meg a Geofizikai Intézet kutatói szemléletében (mai szóval: üzletpolitikájában). Bakonyoszlop előtt az ELGI terepi csoportjai márciusban terepre vonultak, elvégezték az előre eltervezett és közvetlenül a költségvetésből finanszírozott méréseket, majd az októberi bevonulás után jelentést írtak, amelyet (hosszadalmas jóváhagyás után) a KFH kapott meg. A jelentésben javasolt (néhány) fúrás eredménye még akkor sem módosította a geofizikai mérések értelmezését, ha a fúrás (szerencsés véletlen vagy nagy presszió következtében) egyáltalán lemélyítésre került.

Az első sikeres bakonyoszlopi (majd később iharkúti) adatszolgáltatások után az ELGI terepi kutatásában lassan teret nyert a „research” helyett a „client service management”.

A nyersanyagkutató fúrási tevékenység egész évben folyt. Mivel az ELGI-nek ki kellett szolgálnia (mérésekkel és adatszolgáltatásokkal) a fúrástelepítés igényeit, a terepi csoportoknak télen is hadra foghatóknak kellett lenniük. Emiatt jöttek létre az ELGI „téli csoportjai”, majd a veszprémi terepi bázis, ahol számítógépes feldolgozócentrum állt rendelkezésre, és amely gyakorlatilag egész

évben működött. Hasonló bázis segítette a gerecsei szén- és bauxitkutatás munkáját Bicskén.

Fontos megjegyezni, hogy az Iharkúton vagy Bakonyoszlopon sikeresnek bizonyult kutatási technikák automatikusan nem alkalmazhatók más területeken, más személyi és együttműködési feltételekkel. A siker egyik záloga például a fúrás telepítés pontossága és megbízhatósága volt. Sikeres módszernek bizonyult, hogy egy fúrás pont átadásánál a fúrómester jelenlétében megismételték a VLF szelvényezést. A nem így átadott pontok gyakran nem a geofizikai anomáliára kerültek. Több balsiker erre volt visszavezethető (pl. Patrácós kutatási terület, Vértes-É).

#### **4.2.7. Számítógépes rendszerek a szén- és bauxitkutatás támogatására**

*Tóth Csaba*

##### **4.2.7.1. A számítógépek terepre indulnak**

Az elmúlt 50 év nemcsak a nyersanyagkutató geofizikai módszerek globális elterjedését, a geofizikai műszerekben az elektronika kizárólagos építőelemmé válását hozta (sem a Ge-20-ban, sem egy graviméterben akkor nem volt elektronika...), hanem a számítógépek elterjedését is. A 8. fejezetben megismerjük majd az Intézet nagyszámítógépes (mainframe) történetét, az ott elért eredmények azonban a terepi nyersanyagkutatás egyes módszereit csak áttételesen segítették: a gépi adatfeldolgozás a terepi csoportok közvetlen adatszolgáltatásaiban nem voltak felhasználhatók. Például emiatt voltak hátrányban a kis mélységű szeizmikus mérések a bauxitkutatásban (mialatt a közepes mélységű szénkutatásban természetesen a szeizmikus módszerek váltak elsődlegessé). A terepi adatfeldolgozás kizárólagos eszközei a 70-es évek közepéig a logarlécek és a tekerős számológépek voltak.

Megváltozott azonban a helyzet az adatfeldolgozásban, amikor hozzáférhetővé váltak az első elektronikus számológépek, később a programozható kalkulátorok. Először a logarléceket váltották fel a kalkulátorok, majd (1975-ben) terepre került az első HP-97, a (nem nagyon, de könnyen) programozható, terepre vihető „kalkulátor”. A számítástechnikában gyakorlott fiatal kollégáink egy sor kézi adatfeldolgozást írtak át hónapok alatt a HP-97-re (az akkor legfontosabb a gravitációs feldolgozóprogram volt, amelyet *Dövényi Péter* 2 éjszaka alatt írt meg, és amely olyan műveleteket is tartalmazott, amelyeket kézzel nem is tudtunk volna végrehajtani).

Azonban hiába gyorsult fel az adatfeldolgozás, ha a mérési eredményeink prezentációjához térképek rajzolása szükséges. Ehhez egyrészt térképrajzoló algoritmusok kellettek, másrészt olyan hardver, amely a terepi csoportokhoz telepíthető, saját személyzettel, de a terepi csoport részeként. Ezt felismerve, így jöttek létre a terepi számítógépcentrumok.

#### 4.2.7.2. Terepi számítógépcentrumok

A terepi számítógépcentrum kezdetben csak azt jelentette, hogy a számítógép – a hardver – a Budapesttől távol dolgozó geofizikai csoport vidéki telephelyén, annak irodájában vagy egy ott elhelyezett speciális lakókocsiban (mint például az első számítógépcentrum HP-9815 asztali számítógéppel 1976-ban Ajkán) üzemelt. Az ott dolgozó geofizikai csoport által mért napi mérési adatok (eleinte VESZ, PM, FFG) elsődleges feldolgozását és grafikus megjelenítését erre kiképzett operátorok végezték sokszor éjjeli műszakban. Így már nemcsak a gyors és korszerű adatfeldolgozás vált lehetővé, hanem a kapott elsődleges eredmények azonnali felhasználása a további kutatások tervezéséhez, sőt már a nyersanyagkutató fúrások telepítéséhez is.

Igazi terepi számítógépcentrumról azóta beszélhetünk, amikor már maga a számítógépes hardver és operátor személyzet ténylegesen a geofizikai mérések terepi helyszínén segítette a kutatást, a fúrástelepítést. Erre 1980-ban került sor, amikor egy GAZ-66 gépkocsira szerelt, légkondicionált, beépített gépteremben, hordozható saját generátorral meghajtott HP-9545S asztali számítógép (hozzárendelt HP-plotterrel) beüzemelése történt meg. Ez az egység bármilyen terepi körülmények között el tudott jutni a mérések vagy a fúrástelepítés helyére és ott dolgozni. Már nemcsak a geofizikai mérések elsődleges feldolgozására nyílt lehetőség, hanem a kutatási területhez rendelkezésre álló földtani-geofizikai-fúrási adatok együttes adatbázisban történő rögzítésére (annak tárolására, kezelésére, módosítására), valamint az abból való grafikus (szelvény-térképi-háromdimenziós) megjelenítésekre, a terület földtani értékelésére, az erre a célra a SZÁF matematikus és geofizikus munkatársai által elkészített Kutatási Információs Rendszer (KIR) kidolgozásával.

A számítástechnika fejlődésével megérkezett az a mostanában már teljesen megszokott időszak is, amikor a számítógép(ek) nem egy szervezeti egység (csoport) adatfeldolgozási igényeit elégítették ki, hanem egy-egy műszer/módszer tartozékaul szolgáltak. Ilyen volt a Maxi-Probe frekvenciaszondázó műszer-



4-34. ábra. Digitális adatrögzítő- és feldolgozórendszerek. a) Az első mobil adatfeldolgozó-centrum 1975-ben, b) adatfeldolgozás a HP 9815 rendszeren 1976-ban

hez érkezett Commodore asztali számítógép, vagy az 1985-ben a Geonics EM-37 tranziens műszerhez megvásárolt HP-85B gép (ez volt az Intézet első olyan gépe, amely egy nagy táskában volt szállítható), vagy 1986-ban a felszínközeli ellenállásmérésre alkalmas EM-31 műszerhez átalakított, mérés közben működő Sharpe-1500/PTK-4000 mikroszámítógép. Jó esetben ezek a gépek már digitális adatrögzítéssel dolgoztak, azaz a mért adatok közvetlenül átvihetők voltak az adatfeldolgozó gépbe.

#### 4.2.7.3. Kutatási Információs Rendszer (KIR)

A rohamosan növekvő földtani-geofizikai információ egységes kezelésére bevezettük azt a Kutatási Információs Rendszert (KIR), amelynek működését a terepi körülmények között is használható HP-9845S asztali számítógép (plotteres, floppy-lemezes és digitalizálós kiépítésben) biztosította. A SZÁF-on 1979 óta létrehozott KIR alkalmas volt egy adott területen rendelkezésre álló földtani-geofizikai-fúrási adatok együttes tárolására, kezelésére, módosítására, az adatok különböző célú feldolgozására, s végül áttekinthető grafikus megjelenítésre.

A Gosztonyi László és Bojár Gábor által BASIC nyelven kialakított programrendszer főbb egységei: *adatbáziskezelő-rendszer, adatbevitelre és -javításra szolgáló program, adott mennyiségeket gyűjtő program, szabálytalan hálózat adatainak szabályos hálózatba való interpolálását végző program, valamint számtalan felhasználói program.*

*Kiemelendő felhasználói programok* a digitalizálást elősegítő és a ferde fúrások adatfeldolgozását, a különböző (mint pl. szenes és bauxitos) nyersanyagok telepeinek adatait feldolgozó, a különböző geofizikai mérések feldolgozását végző, továbbá a mindezt kiegészítő nyersanyagkészlet- és vagyonszámítást végző, valamint a grafikus megjelenítéseket végző programcsomagok. Elmondható, hogy ez a megfelelő grafikus kiépítésű HP-9845 asztali számítógépre kialakított speciális adatbáziskezelő rendszer – már a 70-es évek végén – mint egy korai térinformatikai rendszer működött.

A KIR együtt kezelte az ellenőrzött és jóváhagyott fúrási adatokat és a földtanilag értelmezett geofizikai méréseket, és lehetőséget biztosított ezek egyedi, szelvény menti vagy térképszerű ábrázolására. 1984-ben megtörtént a rendszer egyes egységeinek adaptálása nagyszámítógépre (R-35), ami a lehetőségek (pl. grafika, térképi méret) kibővítésével járt.

A 70-es évek végétől (nagyjából az asztali számítástechnikai eszközök hazai megjelenésével egy időben) az ELGI – élve a beszerzett számítógépes hardverrel és az ehhez kidolgozott szoftveres lehetőségekkel – elvállalt olyan feladatokat is, melyek csak érintőlegesen voltak besorolhatók a szorosan vett geofizikai feladatok körébe. Az 1976-ban elsőként – majd 1978-ban fejlettebb eszközökkel létrehozott terepi számítógépközpont kialakításával – megalakult egy olyan geofizikai alkalmazói team (később osztály, vezetője *Tóth Csaba*), mely – felhasználva az Intézet matematikus és számítástechnikus munkatársainak (elsősorban *Bojár Gábor, Gosztonyi László, Hornung Péter, Kelemen Zoltán, Kiss József, Nagy István, Richter János*) fejlesztőképességét és munkáját – sorra vállalt el a geofizikai mérésekhez szükséges adatfeldolgozások mellett, azok teljesítését nem gátolva, az akkor még számítástechnikai eszközökkel nem, vagy alig rendelkező hazai földtani szervezetek számára feladatokat. Ezek közül említhetők:

- A geofizikai adatok szelvényeken és térképeken való számítógépes feldolgozásának és megjelenítésének igénye szükségessé tette az interpolációs, izovonal-szerkesztési és -rajzoló algoritmusok készítését. Ez nemcsak az ELGI-n belül, hanem más intézetek (pl. Meteorológiai Szolgálat) részére is hasznosnak bizonyult. Az elkészült algoritmusok első erőpróbája a Sabalan-hegység (Irán) területére vonatkozó gravitációs térkép megszerkesztése volt 1979 januárjában.
- Munkatársaink nemcsak az ELGI által végzett kutatásoknál (szénkutatás: eocén program, Máza-Dél; bauxitkutatás: Bakonyoszlop, Iharkút, Tükröspusztá stb.), hanem más intézmények (Központi Földtani Hivatal, minisz-

tériumok, földtani nyersanyagipari trösztök, pl. OKGT, MAT) feladatainál is vállaltak számítógépes adatbázis-építő, majd az adatokból térkép- és szelvénytérképezési feladatokat. Az eredmények térképi megjelenítése nemcsak 2D, hanem 3D formában monitoron, printelve, színesplotteren rajzolva történt. Érdekességgé megemlíthjük, hogy a KIR-rel még az ipari miniszter (*Kapolyi L.*) részére is készítettünk 3 dimenziós táblázatot (iparágankénti termelési volumen évenkénti alakulása).

- A hazai bányászati és földtani kutatás szinte minden területéről felmerültek megbízások, így pl. a bauxitipar (Bauxitkutató Vállalat, Bakonyi Bauxitbányák), kőolaj- és földgázipar (Szolnoki Termelő Vállalat), szénbányászat (szinte minden szénbánya, de különösen a Borsodi, a Veszprémi, Mecseki, a Mátraaljai Szénbányák vállalatai), a központi állami hivatalok (KFH, KBFI) területeiről.

Néhány példa – nem csak geofizikai – konkrét számítógépes fúrási, földtani és egyéb adatfeldolgozásra:

*Szénkutatás:* Dubicsány, Máza-Dél-Váralja-Dél (szénvagyonbecsléssel együtt); *kőolajkutatás:* Szeghalom; *érckutatás:* OÉÁ Rézérc Művei Recsk; *bauxitkutatás:* Bakonyoszlop, Iharkút, Tükröspusztá; *meteorológia:* OMSz Központi Előrejelző Intézete; *JATE:* Tiszakutatás.

A nagyszámú – sokszor szoros határidővel vállalt – megrendelést külön szervezeti egységben, többműszakos munkarendben, erre kiképezett szakszemélyzet teljesítette. A feladatok megoldásához HP-9815 és HP-9845S asztali számítógépek (és az ezekhez rendelt HP-plotterek) álltak rendelkezésre. A nagyobb méretű térképek rajzolását az ELGI számítóközpontjának R-35 számítógépe és plotterei segítették.

Amíg a 70–80-as évek fordulóján az ELGI asztali számítógépeivel és az ezekhez kapcsolódó szoftver és grafikus megjelenítőeszközeivel, valamint terapi munkahelyes üzemeltetési rendszer alkalmazásával előnyben volt a bányászati cégekkel, vállalatokkal szemben, addig ez az előny a 80-as évek közepétől – az iparban is meghonosodott számítógép- és adatbázis-fejlesztések, -kiépítések miatt – megszűnt.

Ez a – sajnos csak néhány évig tartó – „előny” azzal járt, hogy az akkori sok-sok bányászati megbízás és belső geofizikai nyersanyagkutató mérés olyan nagy számítógépes feldolgozási igénybe torkollott, hogy a kevés munkaállomással rendelkező, ezért aztán 3 műszakra leterhelt számítógépes centrumban egyre

nehezebben lehetett normális ütemben a Kutatás Információs Rendszert üzemeltetni, így pl. a bauxitkutatáshoz szükséges ütemben alkalmazni.

#### **4.2.8. Légi geofizikai mérések a bauxitkutatásban**

*Tóth Csaba*

A magyarországi légi geofizikai mérésekkel külön rész (ld. 4.7. szakasz) foglalkozik, itt csak röviden térünk ki erre. Ahogy azt az előzőkben leírtuk, a bauxitipar olyan területek megkutatását igényelte, ahol külszínről bányászható bauxittek várhatók. Ezért ambiciózus terv készült nagy területek gyors, de részletes felmérésére. Erre azonban még a VLF ellenállásmérés is lassú és drága lett volna.

A 80-as évek közepén a bauxitipar részletesen elemezte a légi geofizikai felmérés bauxitkutatási hasznosíthatóságát. 1986-ban három bauxitkutatási területen került sor (ELGI szervezéssel, szófiai Geofizikai és Kutató és Földtani Térképező Vállalat kivitelezésben) helikopteres gamma-spektrométeres (MADACS-tip.) és magnetométeres (MAR-5 tip.) mérésekre. A jó eredmények (a 60-as légi méréseknél lényegesen jobb felbontású szelvények és térképek, új, még nem ismert radiometriai anomáliák, még nem ismert bauxitlencsék jelzése K/Th alapján stb.) biztatást adtak, hogy az eljárás sekély geofizikai bauxit-előfordulások nagy területeken való gyors kutatására bevezethető. Ebben az évben 26 óra repülési idővel 40 km<sup>2</sup> területet térképeztünk fel a Gerecsében és a Bakony ÉK-i részén.

Az ELGI 1987-ben megszervezte és lebonyolította az első magyarországi légi elektromágneses kísérleti mérésorozatot. A mérések az Osztrák Szövetségi Földtani Hivatal (Geologische Bundesanstalt) kanadai gyártmányú Digheem-II. típusú berendezésével, a Magyar Néphadseregtől bérelt MI-8-as helikopterrel (a cégek saját operátori és hajózó személyzetével) történtek. A mérések helyszínelését – mint 1986-ban is – megfelelő, az ELGI által végzett geodéziai előkészítés mellett a helikopterre szerelt videokamera, videomagnó és monitor biztosította.

A kísérleti mérések célja a korábban földi mérésekkel és fúrásokkal megismert területeken – Bakony (Gézaháza), a Vértes (Szár) és a Gerecse (Somlyóvár) – vizsgálni a légi EM mérések információtartalmát (a földi VLF mérésekhez hasonlóan kimutathatók-e a felszínközeli medencealjzat bemélyedései) és hatékonyságát. A két frekvenciával (900 és 3600 Hz) mért térerősségekből számított látszólagos fajlagosellenállás-térképek mindhárom területen megközelítően jól jelezték a felszínközeli triász időszaki medencealjzat rögeit, jelentősebb törésvonalait, a rögökön belüli kisebb-nagyobb bemélyedéseket. Több ilyen





4-35. ábra. A Magyar Néphadsereg Mi-8-as helikoptere a Dunántúli-középhegységben, az Osztrák Földtani Szolgálat (GBA) négyfrekvenciás légi elektromágneses mérőszondájával az előtérben

bemélyedés később fúrással megkutatva produktívnak (pl. Szár) bizonyult. A tapasztalatok reményt keltettek aziránt, hogy a légi EM mérések a bauxit elő- és felderítő kutatásának hatékony, gyors eszközei lehetnek.

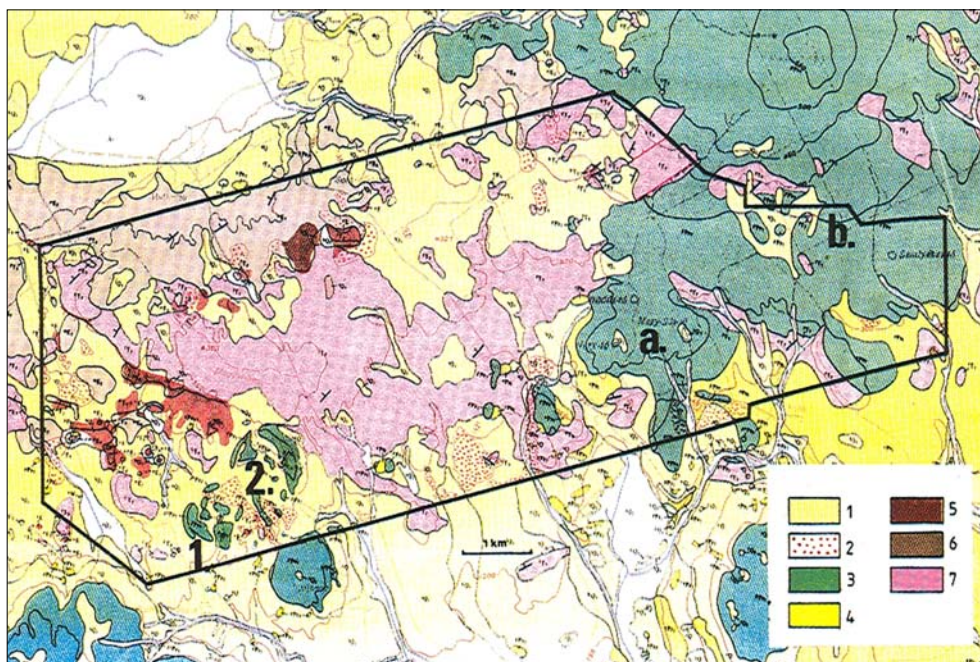
Az előző évek pozitív tapasztalataira alapozva a következő években további légi komplex geofizikai felmérések történtek sekély, külfejtésre alkalmas bauxit-előfordulások előjelzése céljából eddig még megkutatatlan, nagy területek térképezésével. Így 1989-ben a nyirádi bauxitterület DNy-i peremén (Sümeg–Tapolca–Zalahaláp), illetve a halimbai bauxitterület K-i folytatásában (Szőc–Kabhegy–Pula–Taliándörög) összesen 120 km<sup>2</sup> területen kutattak; míg 1990-ben a Herend–Kab-hegyi terület, az eplényi térség és a tési fennsík (összesen kb. 115 km<sup>2</sup> terület) felmérésére került sor.

A méréseket az 1987-ben is részt vevő osztrák és magyar szakemberek végezték, de már kibővített eszközparkkal (Dighem-II. elektromágneses, protonmágneses és GEOMETRICS gamma-spektrometriai mérőrendszerek, kiegészítve egy modern rádiónavigációs rendszerrel). Az észlelési rendszer optimalizálása az eddigi tapasztalata alapján történt: az 50 m-es szelvénytávolság, 80 m-es

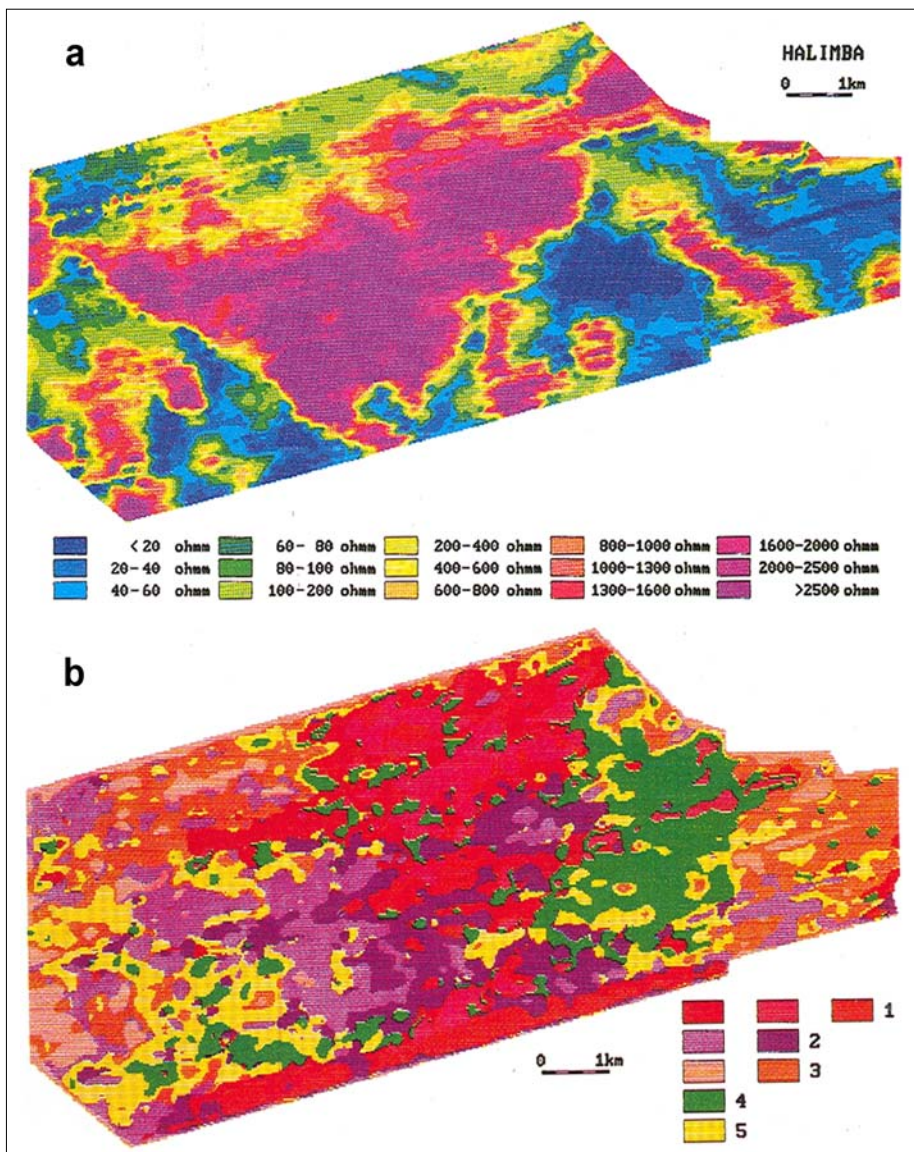
repülési magasság, 100 km/h sebesség, 0,1 s mintavétel (ami kb. 3 méterenkénti adatrögzítést jelent) lehetővé tette a finomabb részletek elkülönítését a szelvényeken és térképeken.

A helikopteres mérések előkészítése, a magyar és külföldi szakemberekkel való szakmai kapcsolattartás a GGF érdekelt terepi részlege munkatársainak (Balogh Gy., Bodri Gy., Bodrogi M., Csathó B., Gulyás Á., Kiss J., Tatai J., Tóth Cs.) munkája volt.

A mérési adatok osztrák szakemberek által végzett előfeldolgozására mindkét alkalommal Bécsben került sor, míg a terepi mérésekkel alátámasztott földi azonosító, ellenőrző, kiegészítő kutatásokat az ELGI és BKV szakemberei végezték. A földtani értelmezés és a geofizikai interpretáció egyre inkább az ELGI feladatává vált, amihez hardver- és szoftverfejlesztésre volt szükség. Az elsősorban számítógépes grafikus megjelenítések fejlesztései eleinte az intézeti számítógéppont gépén, majd HP-9845-ös asztali számítógépen, végül PC-ken történtek.



4-36. ábra. A halimbai terület felszíni földtani térképe. (1 – fedő, 2 – vörösagyag, 3 – vulkanit, 4 – oligocén, 5 – bauxit, 6 – márga, 7 – triász)



4-37. ábra. a) A halimbai terület látszólagos fajlagosellenállás-térképe (3600 Hz), b) a halimbai terület osztályozása radiometriai adatok alapján. (1 – bauxit, vörösgyag, márga, 2 – földolomit, 3 – mészkő, bazalt, 4 – alkáli bazalt, 5 – márga, lösz)



Saját fejlesztésű feldolgozási programrendszereken (Kiss József és Prácser Ernő) túl térinformatikai programokat is alkalmaztunk (ILWIS, ERDAS, majd ArcInfo). A mért és már előfeldolgozott adatok adatbázisba szervezése, utőfeldolgozása, az adatok különféle megjelenítése – új megjelenítési módszereket is bevetve – a Csathó B. vezetésével létrejött légi laboratórium tudományos munkatársainak (Bodrogi M., Kiss János, Gulyás Á., Prácser E., Kiss József) érdeme.

A légi geofizikai csoport tevékenységének köszönhetően alakult ki az Intézetben a Térképezési Főosztály, amely a terepi méréseken túl adatok komplex feldolgozásával is foglalkozik. A légi geofizikai mérések által eredményként született különböző paramétertérképek – a bauxitkutatáson túl – más, pl. környezetvédelmi, mezőgazdasági, egyéb nyersanyagok kutatási céljaira is felhasználhatók.

#### **4.2.9. Szeizmikus mérések a Máza-Dél-Váralja-Dél feketekőszén-kutatási területen**

*Braun László*

1953–1956 között kezdődött el a Keleti-Mecsek, ezen belül a fekete-kőszén-előfordulás szeizmikus és geoelektromos kutatása. Ezek és a további 1959. évi refrakciós mérések jelezték a működő bányáktól D-re eső területeken a fekete-kőszén előfordulásának lehetőségét. Az adatok az előkutatási fázis fúrásstelepítésének tervezését segítették elő.

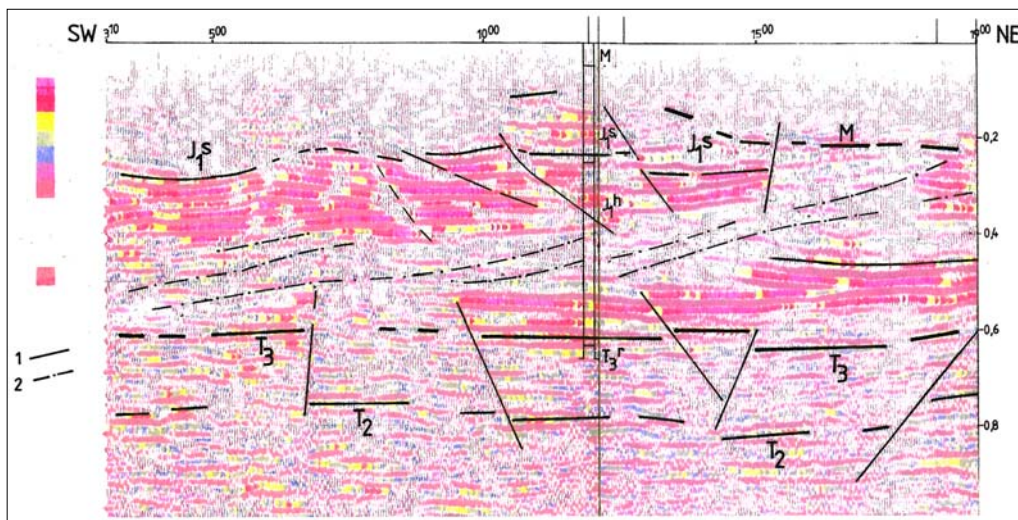
A terepi mérések csak 1976-ban folytatódtak a Máza-Dél-Váralja-Dél és a Mecseknádasd-Ófalu kutatási területen. Az 1982-ig tartó, a felderítőkutatáshoz szervesen kapcsolódó tevékenységünk három részre tagolható. 1976–1979 között főként refrakciós méréseket végeztünk, 1976-ban kezdődtek meg azok a robbantásos energiakeltésű reflexiós kísérletek, amelyek megalapozták a későbbi méréseket. A harmadik szakaszban, 1982-ig jellemzően vibroseis méréseket végeztünk.

A mérések kivitelezése, az adatok feldolgozása az adott időszakban elérhető legjobb technikai eszközökkel (mérőműszerek, számítástechnika) történt. A terepi adottságokhoz, a változatos földtani-geofizikai felépítéshez alkalmazkodva, más belföldi és külföldi mérések tapasztalatait figyelembe véve, kísérleti eredményeinket felhasználva folyamatosan alakítottuk, javítottuk méréseink módszertanát, a programok fejlődésével pedig a számítógépes feldolgozást, így szelvényeink minőségét. Méréseink végső soron hozzájárultak a kutatási terület földtani-geofizikai modelljének kialakításához.

A refrakciós mérések két határfelületet képeztek le. A felső a neogén és mezozoos képződményeket elválasztó, fúrásokkal is igazolt diszkordanciaszint, mely így a neogén rétegek vastagságváltozásának meghatározását segíti. A nagy sebességű alsó szintet a kőszéntelepessésség karbonátos mélyfeküjének értelmeztük. A területen addig nem ismert képződményt földtani-geofizikai megfontolásból a középső triász anizuszi mészkő felszínével azonosítottuk. A terület kutatási zárójelentése szerint (Szilágyi, Villám 1985) a V-21 fúrás igazolta feltevéssünket, és az általunk megadott mélységben túlnyomóan karbonátos képződményt harántolt (Misina Formáció, középső triász ladini emelet).

A Mecseknádasd–Ófalu kutatási területen a mélysínt határsebességének megnövekedése kijelöli a medencealjzatban a mezozoikum és paleozoikum váltását. Refrakciós méréseink (pl. MeR-1) néhány főbb szerkezeti vonalat is jeleztek, így pl. a Mecseknádasdnál a több száz méteres elvetésű mozgási síkot.

A Keleti-Mecsek bonyolult felépítése (domborzatának változatossága, a statikus korrekciókhoz szükséges kis sebességű réteg egyenetlenségei) sokszor ugrásszerű változásai megnehezítik a reflexiós mérések kivitelezését és számítógépes feldolgozását. A kísérletek ezeknek a mérési, módszertanilag fontos paramétereknek az elemzését szolgálták. Méréseink közben nagyot fejlődött a szá-



4-38. ábra. Va-1/80 reflexiós időszelvény a Máza–Váralja területen. (M – miocén, J – jura, T – triász képződmények, 1 – vető, 2 – feltolódás)

mítógépes feldolgozás. Az új programok jobb, részletesebb felbontású szelvény megjelenítését tették lehetővé. Így az egyszerű (kevés javító műveletet tartalmazó) időszelvényektől eljutottunk a nagyobb felbontású, jobb jel/zaj viszonyú, javítóprogramokat is alkalmazó migrált időszelvényekig. A korábbi megjelenítésekhez viszonyítva jelentős javulás figyelhető meg pl. az 1985. évben feldolgozott Va–1, Va–5 szelvényeken.

A migrált időszelvények frekvencia és amplitúdó szerint színezett változatai jelentős többletinformációt tartalmaznak. Adataink, különösen az újrafeldolgozott szelvények, bővítették földtani-geofizikai ismereteinket, lehetővé tették a nagyobb vetődések, gyűrt elemek felismerését. Megkezdhettük a földtani képződmények szeizmosztratigráfiai vizsgálatát. Ezen a területen a törmelékes összletre jellemző a kevés és szórt reflexió, a fiatalabb jura képződmények rövid, nem folyamatos, míg az idősebb jura folyamatos reflexióval jellemezhetők (Braun et al. 1984).

## Irodalom

Braun L. et al (1984): ELGI 1984. Évi Jelentése pp. 53–56

Szilágyi T., Villám E. (1985): Összefoglaló jelentés a Máza-Dél-Váralja-Dél feketekőszén terület felderítő fázisú kutatásáról és készletszámításáról, OFKfV Dunántúli Üzemegysége, Várpalota–Komló. MGSz AD.545

\* \* \*

A 4.2. szakaszban leírt kutatásokban hosszabb-rövidebb ideig részt vevő témavezetők: *Albu István, Antalné Bodrogi Marilla, Bognár Béla, Bodri Gyula, Braun László, Csathó Beáta, Dövényi Péter, Farkas István, Gombár László, Gosztonyi László, Gulyás Ágnes, Guthy Tibor, Hamar Dániel, Hoffer Egon, Jánvári János, Jánváriné Kántor Ilona, Kakas Kristóf, Kisházi Anna, Kiss János, Kovács Gábor, Lányi János, Laszlovszky Erzsébet, Lévy Tibor, Liszt Ferencné, Magyar Balázs, Majkuth Tamás, Mészáros István, Molnár Imre, Nyitrai Tibor, Pápa Antal, Pataky Nóra, Pintér Anna, Petrovics Ilona, Ráner Géza, Rezessy Géza, Richter János, Szabadváry László, Simon András, Szabó Gábor, Szabó Margit, Szalai István, Szilágyi Imre, Szilasi György, Szörényi Zoltán, Táborcsky Gyula, Tóth Csaba, Trenka Sándorné, Újszászi József, Vértesy László.*

Megjegyzéseket és táblázatokat a 4.2. szakasz kutatásaival kapcsolatban a Függelék I. táblázata közöl.

## 4.3. Észak-Magyarország geofizikai kutatása

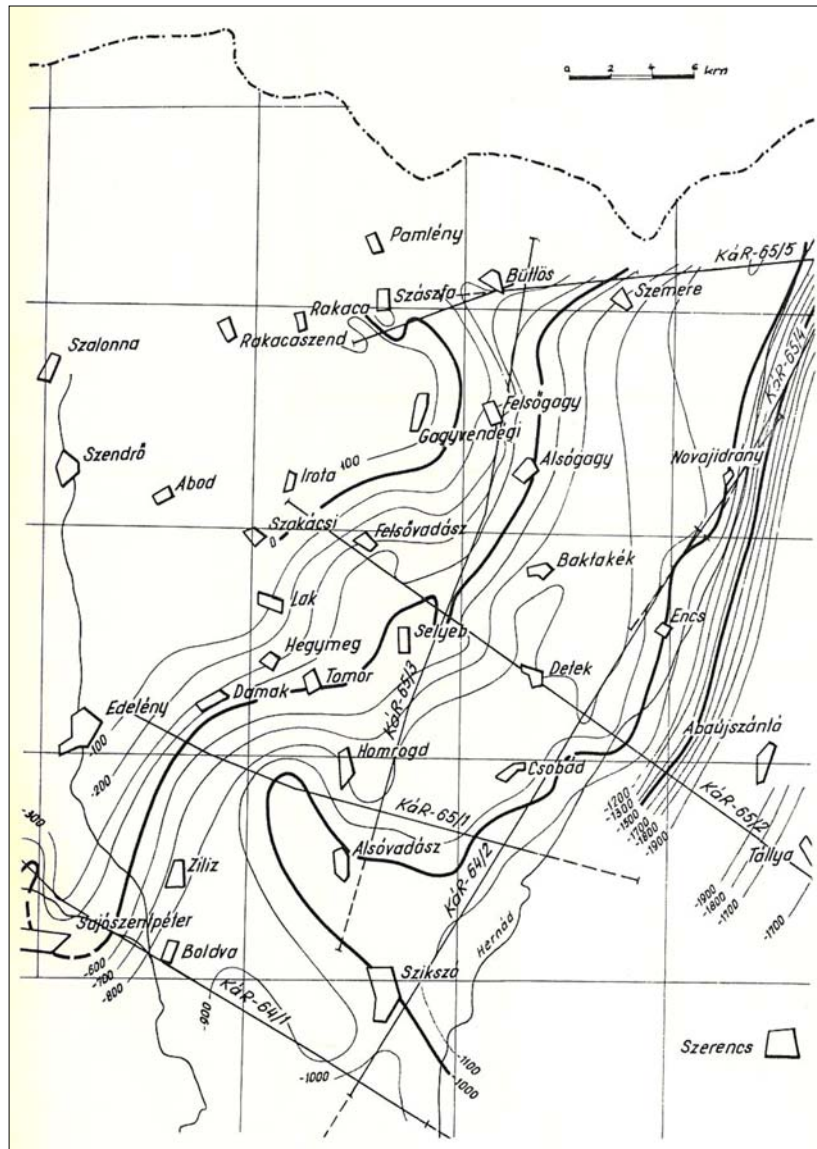
*Szalay István*

Észak-Magyarországon 1964 óta rendszeressé váltak a programszerű tájegységi érc- és nyersanyag-előkutató komplex geofizikai mérések. *Címszavakban:* Cserehát, Recsk, Darnó-vonal és zóna, Börzsöny, Mátra, Aggtelek-Rudabánya, Szendrői-hegység, Bükk hegység és előterei.

A szénkutatások nógrádi és borsodi megoszlásban, a termálvíz kutatások az ipari régiók igényei szerint folytak. A graviméteres áttekintő országos hálózat kiegészítésére és egyéb geofizikai mérések megalapozására a Bükk-től az ÉK-i országhatárig két nagy régióban is folyt gravitációs előkészítés. A Hernádtól K-re a MÁFI földtani térképezésével karöltve, a Tokaj-hegységben *Szabó Gábor* vezetésével befejezték a felmérést, és sokoldalú sűrűségvizsgálat és módszertani elemzés alapján összefoglalták és lezárták a gravitációs kutatásokat (*Szabó 1966*). További geofizikai kutatás a Hernád másik oldalán, a Csereháton indult, ahonnan *Pantó Gábor* MÁFI geológus kívánságára szelvénnel bekötöttünk a Tokaj-hegységbe.

### 4.3.1. Cserehát

A tájegység komplex geofizikai kutatását (1964–1965) *Erkel András* geoelektromos osztályvezető irányította, egymásra épülő és kiegészítő módszerekkel komplex vizsgálatra és értelmezésre, gazdaságosságra törekedve. A *Szilárd József* vezetésével végzett graviméteres hálózatkiegészítő mérések az É-Bükk–Szendrői-hegység–Cserehát területén 3370 km<sup>2</sup>-re terjedtek ki. Ezekkel párhuzamosan a csereháti medenceterület áttekintésére 1200 km<sup>2</sup> területen tellurikus (TE) térképezést végzett *Hobot József* és csoportja (*Szilárd et al. 1966, Erkel 1966*). A gravitációs és tellurikus mérések egyaránt a Szendrői-hegységtől ÉK-re viszonylag kiemelt, DK felé elmélyülő medencealjzatot jeleztek, Alsóvadásznál nagy TE minimummal. A TE izoareatérkép kvantitatív értelmezése, geoelektromos ellenállásszelvények és -térképek szerkesztése céljából a hegységi peremeken sekélyszondázásokat végzett *Jósa Ernő* csoportja a GE-20 műszerrel. A medenceterület jellemző helyein dipól-equatóriális (DE) nagy mélységű szondázásokat végzett *Király Ernő* csoportja a GE-30 műszerrel, annak kapacitáshatáráig anizotrópiatényezőket is meghatározva.



4-39. ábra. A Cserehát szeizmikus medencealjzat-térképe. (A Hernád-völgy menti mély besüllyedést, a 2000 m-es árkot és a Tokaj-hegység kissé emelkedő alját ábrázolja Tállyáig)



A medencealjzat domborzatának felderítésére a Borsodi-medencét átharántoló refrakciós szelvény készült Szuha-fő és a Hernád között és a Hernád mentén 1964-ben, majd 1965-ben a Csereháton átnézetes mérési hálózattal *Lányi János* témafelelős és *Szalay István* vezetésével, a szelvények összhossza 216 km volt. Két szelvény harántolta a Hernád-árkot, és felderítette a Tokaj-hegység aljzatát Tállyáig.

A szeizmikus mérést G–11 típusú, GMG gyártmányú 24 csatornás tranzisztoros műszerrel végeztük. Észlelő *Petrovics Ilona* volt (4-39. ábra).

#### 4.3.2. Recsk környéki komplex geofizikai érckutatás (1968–1971)

A recski Lahóca-hegyi kis réz- és aranybánya környékén *Vidacs Aladár* és *Varga Gyula* (MÁFI) az eocén–oligocén összlet aljzatában gazdagabbnak mutató polimetallikus ércesedést és mélységi andezitet tártak fel. Bátorította őket az 1955–1958–1960. évi ELGI refrakciós mérések eredménye is, ezért a mélyfúrási tevékenység irányítása érdekében a MÁFI 1968-ban geofizikai mérések végzésével bízta meg az ELGI-t,

- a recski eocén andezitelterjedésének,
- és a Lahóca-hegytől Ny–DNy-ra fúrással feltárt mély andezittest helyzetének és kiterjedésének meghatározására.

A komplex geofizikai mérések 1968 elején kezdődtek. *Lendvai Károly* vezető témafelelős koordinálásával. A recski eocén andezitösszlet oligocén–miocén fedő alatti elterjedésének, valamint a Parádfürdő környékéig ismert ércesedett aljzat Ny-i irányú kutatására 70 km<sup>2</sup> területre kiterjedő, áttekinthető hálózatos refrakciós méréseket végeztünk, két szelvény mentén geoelektromos szondázások, egy szelvény mentén korrelációs graviméteres mérések is voltak.

Az R-XVI. mélyfúrással feltárt kiömlési kürtő vagy hasadékból levő mély andezittest körvonalazása reményében hálózatos gravitációs és földmágneses méréseket végeztek 2 km<sup>2</sup> területen.

Az R-X és XVI fúrásban sebességmeghatározás és szintazonosítás céljából térbeli lyukszelvényezésre került sor. A kiértékelés és az értelmezés elősegítésére a Recski Ércbánya Vállalat főgeológusa *Török Kálmán* 76 fúrómagmintán végeztetett térfogatsúly-, szuszceptibilitás-, remanensmágnesség- és néhány mintán hullámterjedési sebességmeghatározást az ELGI Tihanyi Observatóriumában.<sup>9)</sup>

---

<sup>9)</sup>A kutatás gravitációs és földmágneses csoportvezető témafelelőse *Zsille Antal*, a geoelektromosé *Verő László*, a szeizmikusé *Szalay István* volt.

A porfiros mélyandezit és a recski biotitos amfibolandezit a kőzetfizikai mérések és részletes térképezése alapján is gyenge hatónak bizonyult, ezért csak közvetetten, fúrásokkal ellenőrzött szerkezetkutató módszerekkel nyomozható.

A szeizmikus méréseket az I/3 hegyvidéki szeizmikus csoport végezte két műszerrel (G-11 és Pionir-1), 80 m-es geofonközzel. A három határfelületre kiértékelt refrakciós hossz- és harántszelvény alapján 3 határfelület-térkép készült. A első az andezitösszlet felszínével, a középsőt az általános aljzattal, az alsó legnagyobb határsebességű szintet egy Fehérkő–Hegyeshegy vonalában kiemelkedett mély aljzattal hoztuk összefüggésbe. A nagy ellenállású geoelektromos szint az aljzat felszínével vagy az alsó andezitszinttel, a karbonátos kiemelkedésnél a szeizmikus mélyszínttel korrelált.

*Lendvai* a részletmérésekben megjelenő pozitív gravitációs maradékanomáliákat a karbonátos mély aljzat kiemelkedései és az ehhez csatlakozó mélyandezit hatásaként értelmezte (*Lendvai et al.* 1969).

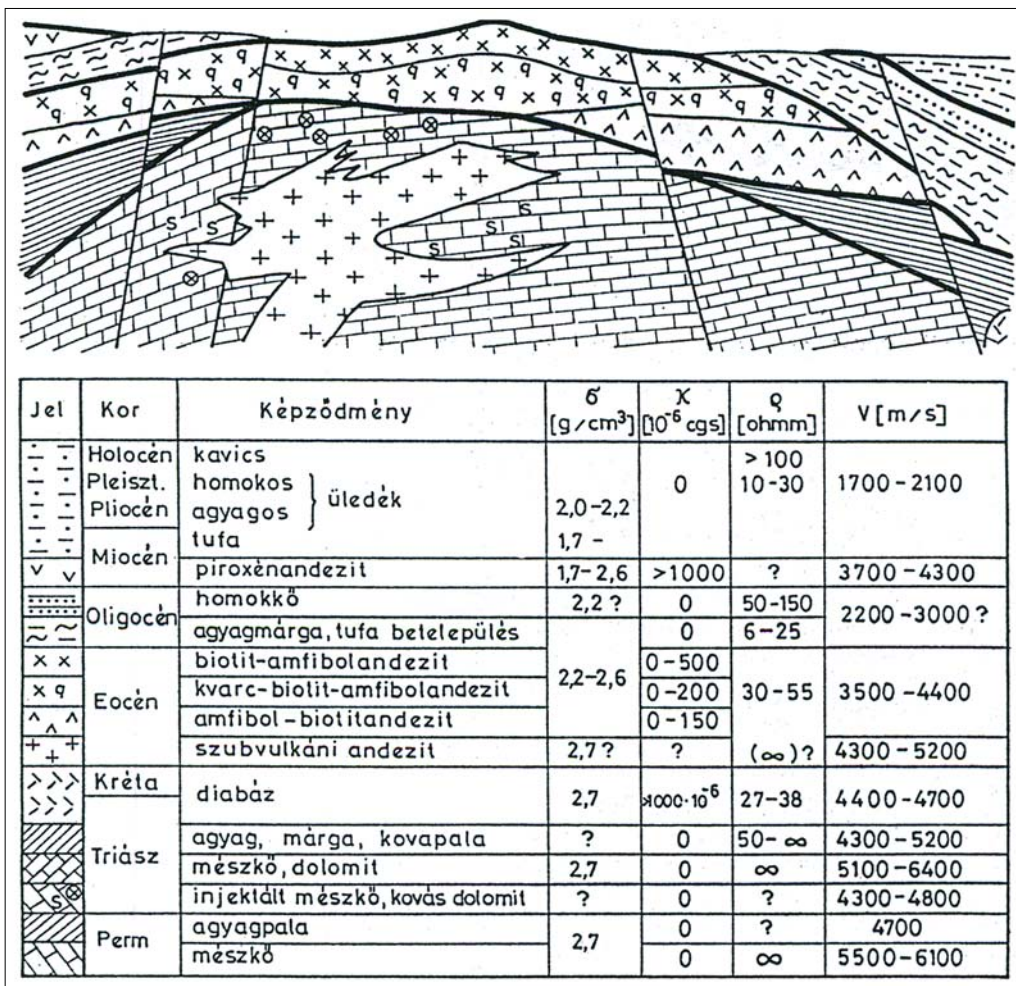
A feltételezett mélybeli mágneses hatók helyzetének meghatározására 1969-ben két szinten, 1000 és 2000 m magasságban végeztek légi mágneses  $\Delta T$  méréseket *Hoffer Egon* vezetésével, aki megállapította, hogy a Recsk melletti kanászvári anomália kis vastagságú ható. A nagy magasságból észlelt K-mátrai pozitív anomália Disznókő központú bázikus vulkanizmusának mélységi hatótömegétől ered (megfúrták: Rm-92 intrúziója, érdektelen).

A kombinált szelvényezést a három felszínközeli ércesedést is feltáró Rm-48 mélyfúrásnál az anomáliák követésével 1 km<sup>2</sup>-re terjesztették ki, és a kísérleti méréseket a VIII.a tömzs felett kezdték. A Mátraderecske környéki GP mérések alapján telepített kis mélységű fúrások elemzésével *Verő László* megállapította (*Verő* 1974), hogy az anomáliákat inkább az eocén andezitet fedő fiatalabb üledékek vastagsága határozza meg, nem pedig az andezit különböző mértékű ércesedése.

1969-ben a KFH megbízásából a fúrásokkal megkutatott területről kiindulva főleg a földtani és geofizikai adatok szerint legkedvezőbbnek ítélt D-i irányban folytattuk a szeizmikus méréseket.

Ebben az évben ismerték fel a mélyszínti (finoman elosztott, de nagy tömegű) rézércesedést. *Zelenka Tibor* (OÉÁV) vezetésével egy munkabizottság elvégezte a recski mélyfúrások újrajvizsgálatát. A kialakított földtani-geofizikai modell alapján az 1968-as adatok újraértékelésével együtt értelmeztük mérési eredményeinket (*Szalay, Szénás* 1970).

A terület mélyszínti ércesedése a szubvulkáni andezittest és a reakciók éles karbonátos aljzat kontaktusához kapcsolódik, polimetallikus szkarn és



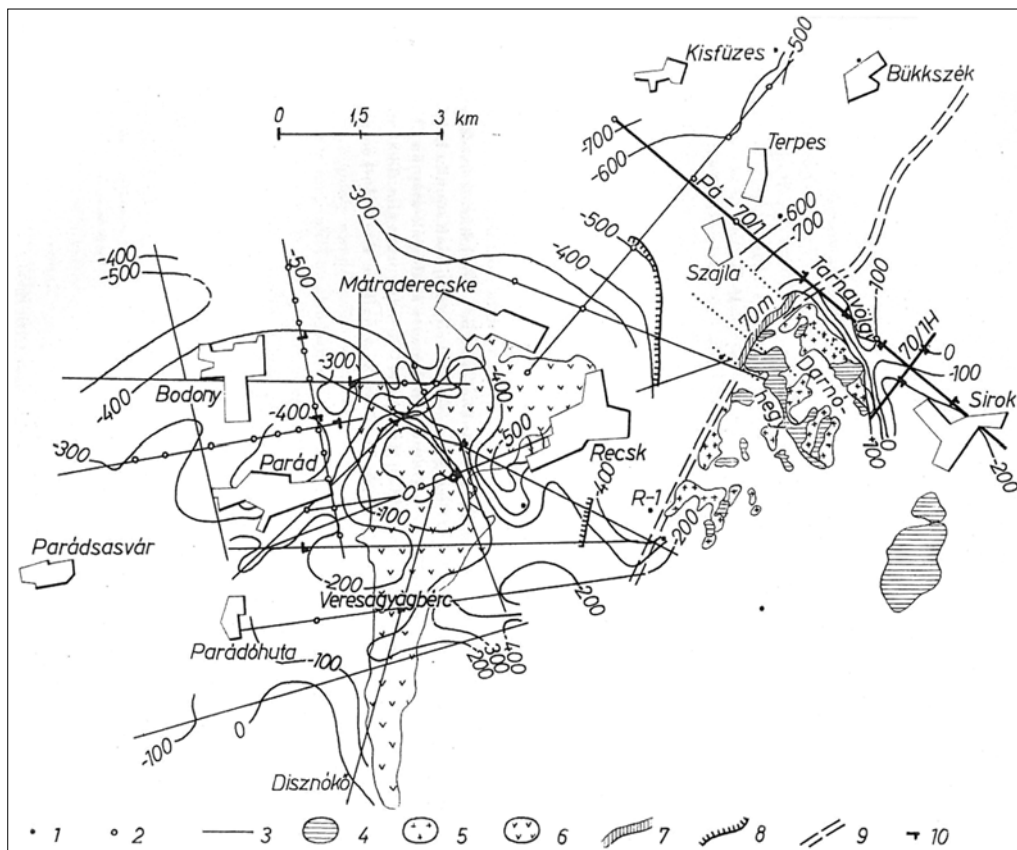
4-40. ábra. A recski kutatási terület földtani-geofizikai modellje

metaszomatikus ércesedésként, illetve a szubvulkáni testhez kapcsolódó réz-molibdénos ércesedésként. A szkarn érc a legdúsabbak, de az érctömeg nagy részét a szubvulkáni test (kis intrúzió) hintett kalkopiritje adja.

A triásznak minősített karbonátos aljzat a Fehérkő–Hegyeshegy vonalában felemelkedik, ezt képviseli a „nagy sebességű” alsó refraktáló felület. A szubvulkáni andezit is ebben a preformált antiklinálisban hatolt legmagasabbra. Az anti-

klinális peremeken különféle palák alkotják az aljzat felszínét közepső refraktáló határfelületként, amelyre paleogén üledékes és rétegvulkáni összlet települ (felső refraktáló felület), melyet a peremeken oligocén üledékek, D és DNY-on a Mátrában miocén rétegvulkánok fednek.

A geofizikai mérések által jelzett alaphegységi kiemelkedés vonalában az Rm-67 mélyfúrással kezdődött a Recsk–Parád úttól D-re fekvő terület fúrásos kutatása. É-ra kijelölték a hálózatsűrítő fúrásokat, általában 1200 m mélységig.



4-41. ábra. Geofizikai eredménytérkép a recski kutatási területen a medencealjzat tengerszínhez viszonyított mélységével. 1 – fúrás, 2 – geoelektromos szondázási pont, 3 – szeizmikus szelvény, 4 – perm/triász kibúvás, 5 – diabáz, 6 – eocén andezit, 7 – mágneses határ, 8 – andezitelterjedési határ, 9 – Darnó-vonal, 10 – szelvény menti vető

1970-ben Recsktól D-re, ÉK-re és a Darnó-hegy közelében folytatódott az aljzatszerkezet kutatása, az andezit lehatárolása gravitációs hálózat kiegészítésével, földmágneses  $\Delta Z$  és  $\Delta H$  vonal menti mérésekkel, geoelektromos középszondázással, potenciálszelvényezéssel és szeizmikus refrakciós mérésekkel. A gravitációs és földmágneses témafelelős *Hoffer Egon*, a geoelektromos *Verő László*, a szeizmikus *Kónya Albert*, a vezető témafelelős *Szalay István* volt. A GP méréseket *Erkel András* fogta és foglalta össze. Folytatva az előző évben az Rm-48 fúrásban feltárt lahócai típusú „aranyos-pirites” és „enargit-luzonitos” ércesedéskörnyéki, kétféle behatolású GP szelvényezést, az áttekintő mérési hálózatot sűrítve ÉK-re több GP-anomáliát határozott meg.

*Verő* kísérleti potenciálszelvényezéssel Veresagyagbércnél nagy ellenállás-gradienssávot mutatott ki, minimumzónája két hidrotermális impregnációs ércesedés összekötő vonalába esik, az andezitkibúvások szélesebb töréses, hidrotermális bontott zónái ezáltal nyomozhatók.

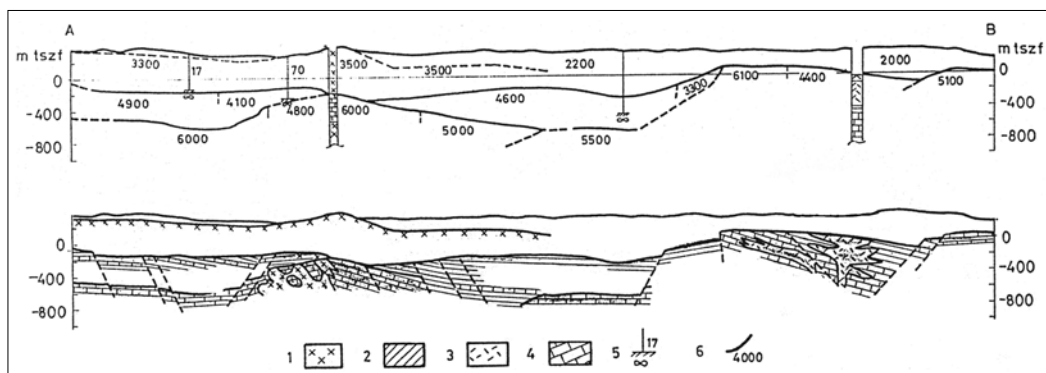
A Mátra–Darnó-hegy–Bükkszék közti területet lefedő gravitációs mérések eredményeit  $2,2 \text{ g/cm}^3$  sűrűséggel számolt Bouguer-anomáliatérképből *Egyed* eljárásával (körátlagos szerkesztéssel) készült maradékanomália-térkép jól tükrözi a recski, mátrai, Darnó-vonal környéki szerkezeteket, ezzel orientálva a különböző célú továbbkutatásokat (*Hoffer et al. 1971*).

Mátradereszkétől É-ra és Recsktól K-re szeizmikus-geoelektromos alapon lehatároltuk az „eocén” amfibolandezitet, amely az oligocén medenceüledékek között ért véget (eszerint kora is oligocén). A Darnó-vonal harántolásával meghatároztuk a Bükk Ny-i szegélye és a Darnó-vonal előtéri süllyedék csapását és aljzatának agyagpalás jellegét. D-en Veresagyagbérc és Disznókő között a karbonátos szint nyeregszerű mélybe süllyedésével lehatároltuk a recski aljzat kiemelkedést.

1971-ben peremterületi szerkezetkutató gravitációs, geoelektromos és szeizmikus mérésekkel fejeződött be a recski kutatások első és fő fázisa. A gravitációs hálózatkiegészítő mérés Bükkszék–Verpelét–Markaz–Mátrafüred–Parádsasvár között segítette a geoelektromos és szeizmikus kutatás tervezését (temafelelős: *Sz.-né Pintér Anna*).

A geoelektromos mérések többsége mélyszondázás volt az É-i paleogén medencébe kihelyezett pontokon, valamint a szeizmikus szelvények medencebeli helyein szintmeghatározó célzattal (temafelelős: *Verő László*).

A szeizmikus méréseket a Disznókő–Markaz É–D-i és a Csákánykő–Siroki Nagyvárhegy Ny–K-i irányú refrakciós vonal és egy bükkszéki kombinált refrak-



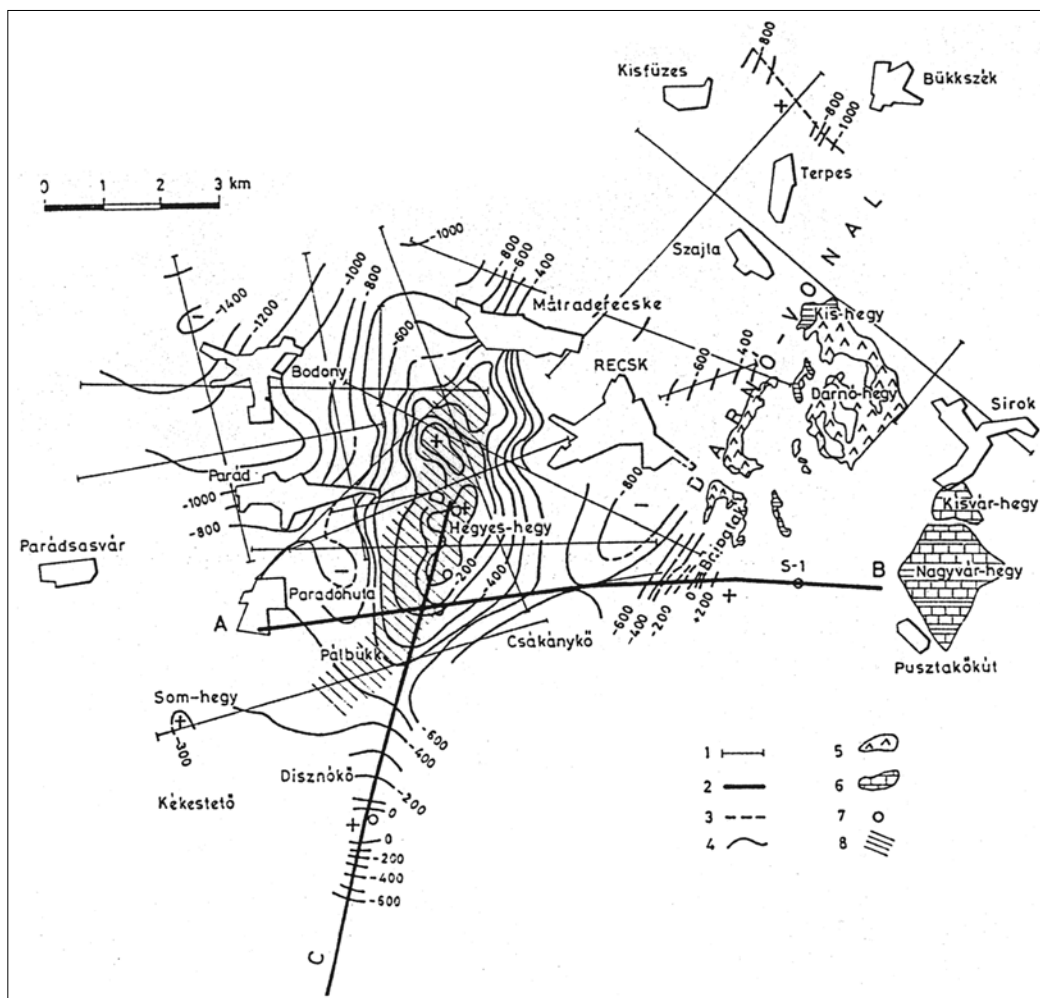
4-42. ábra. A–B szelvény. (1 – andezit, 2 – agyappala, 3 – diabáz, 4 – mészkő, 5 – geoelektromos szondázás és fajlagos ellenállások (ohm m), 6 – hullámterjedési sebesség (m/s))

ciós-reflexiós vonal képviselte (témafelelős: *Kónya Albert*). Egy Ny–K-i szelvény-metszetet mutat be az A–B szelvény (4-42. ábra).

A három határfelület térkép közül az alsó ÉÉK–DDNy irányú antiklinálisa a mélyszinti érckutatás fő objektuma.

Az antiklinális tengelye környéki határsebesség-csökkenés vulkáni áttörés, beolvasztás következménye lehetett a fúrások alapján. A komplex mérések felderítették a szomszédos területrészekkel a szerkezeti kapcsolatokat, és a recski lehatárolások mellett előkészítettük a Magyar Középhegység előtereinek módszertani kutatása keretében az észak-magyarországi paleogén medence vizsgálatát és a későbbi Darnó-vonali, mátrai, bükki programokat.

1971 végén az Országos Érc- és Ásványbányák (OÉA) összefoglaló jelentést készített a recski mélyszinti színesérc-előfordulásról. A *Recski Mélyszinti Színesérc* III. kötetében az elvégzett földtani kutatómunkák körébe tartozó geofizikai munkák értékelésére az OÉA megbízásából az ELGI két fő részből álló összefoglaló jelentést készített (Szalay et al. 1971: felszíni, bányabeli, laboratóriumi mérések; Morvai, Viola 1971: mélyfúrás geofizikai munkák). Az összefoglaló jelentés megelőzte az 1971. évi mérések eredményeinek 1972. évi közreadását, de teljes áttekintést nyújt mellékletanyagával, adataival is a recski geofizikai kutatásokról. Tartalmazza a már ismertetett módszerek és résztvevők mellett a Mecseki Ércbánya Vállalattól (MÉV) Szabó János bányabeli, Géresi Gyula és Wéber Bélának a légi káliumanomália-mérésekről készült munkáit és az ELGI laborméréseinek eredményeit és leírását is.



4-43. ábra. Az alsó refrakáló felület mélységtérképe, helyszínrajz. (1 – refrakciós szelvény, 2 – jellemző szelvény, 3 – reflexiós szelvény, 4 – az alsó határfelület (karbonátos aljzat) mélysége (m) tszf, 5 – diabáz, 6 – mészkő agyagpala közbetelepüléssel, 7 – mélyfúrás, 8 – sebességcsökkenési zóna az alsó határfelületen)

A neutronaktivációs analízisről Béress Béláné és Tatár János, a kőzetminta-mérésekről Nemes István itt számolt be. A földtani-geofizikai modellhez csatolt, OÉÁV részvételével készült táblázat kivonatolatosan szemlélteti a fő képződmények

kőzetfizikai paramétereit. Ezekből a kontrasztok és az anomáliák okára lehet következtetni.

1972-től az ELGI módszertani és szerkezetkutató mérései áttekintettek a Darnó-vonal környékére. A kiegészítések, az átfogó értelmezés, publikációs munka ezután kezdődött. Ennek egyik nyilvános fóruma az 1974. évi recski vándorgyűlés volt. *Gagyai Pálffy András* OÉÁ igazgató, *Cseh-Németh József* főgeológus, *Zelenka Tibor* vezető geológus és mások részvételével. A vándorgyűlést a recski bányászat 125. évfordulója alkalmából rendezték. Az ércelőfordulásról és ércvagyonról szóló ismertetések *Kiss Jánost* lelkes felszólalásra készítették, miszerint „István bejövetele” (sic!) – óta nem volt ilyen nagy ércfelfedezés. A tanulmányok mellett másokat pedig hasonló típusú ércesedések kutatására buzdított. A geofizikai vonatkozások szerkezetkutató részének összesítéséről a *Földtani Közlöny* 105. kötetében számoltunk be (Szalay 1975).

A második összefoglaló jelentés a Recsk D-i területen és környékén végzett további (1972–1981) geofizikai kutatásokról szól (Verő et al. 1981), és az OÉÁ 1984. évi összefoglaló jelentésébe került bele.

Ebben a Darnó és a Mátra környéki átnyúló részről, illetve az utólagos vulkányszerkezeti és nagyszerkezeti vélekedésekről (pl. *Balla Z.*: egy vagy három centrumhoz tartozik-e a recski ércesedés, vagy a mátrai eltolódás feltételezéséről), és a geofizikai előrejelzések alapján kitűzött mélyfúrások eredményeiről számolnak be. A D-i terület ércesnek, a távolabbi kiemelkedések meddőnek bizonyultak.

Figyelemmel kísérve a recski mélyszinti ércesedésre vonatkozó bányászati kutatásokat, többvariációs kitermelésre vonatkozó gazdasági számításokat, beruházási kísérleteket, majd a bánya elárasztásáról szóló híreket, elmondhatjuk, hogy az ELGI Magyarország eddigi legnagyobb ércterületének kutatásában vett részt, és olyan ércföldtani, kutatásmethodikai összefüggéseket talált, amelyek máshol is hasznosíthatók.

Recsk környékén 1992-ben térképező légi geofizikai mérések voltak. A mágneses, elektromágneses és radiometriai mérések kiterjedtek a K-Mátra és Ny-Bükk térségére. A mérések feldolgozása és előzetes interpretációja csak belső jelentésekben jelent meg. Sajnos a földtani kutatás leállása miatt az anyag együttes értelmezése csak részterületek esetében történt meg, amelyet a sárospataki vándorgyűlésen ismertetett a légi geofizikai munkacsoport (*Kiss, Gulyás 1994*).<sup>10)</sup>

---

<sup>10)</sup> A recski légi geofizikai anyag feldolgozásában részt vettek: *Csathó Bea, Szilágyi Imre, Bodrogi Marilla, Kiss János, Gulyás Ágnes, Sárhidai Attila, Práczner Ernő, Angyal László.*



A Recsk környéki geofizikai kutatások újabb feldolgozása (részben a légi geofizikai anyagok alapján 2008-ban készült el *Zelenka Tibor* és *Kiss János* munkájának köszönhetően.

## Irodalom

- Balla Z., Horváth J., (1978): Konceptióvázlat a Börzsöny–Dunazug, a Velencei-hegység Balatonfő és a Darnó-övezet színesérc-kutatására. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára MÁFI-27.
- Balla Z., Csillagné Teplánszky E., Csongrádi J., Erkel A., Karas Gy., Király E., Korpás L., Pintér A., Schönviszky L., Szabó Z., Szalay I., Verő L., Viola B. (1979). A Rózsa-hegy – Kurucpatak – Bányapusztai területen végzett ércföldtani kutatások összefoglaló jelentése. (ELGI – MÁFI I. rész), Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára
- Erkel A. (1966): Jelentés a Csereháton végzett komplex geofizikai mérésekről (1964–1965). Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Kx-6
- Erkel A. et al. (1966): Komplex geofizikai kutatás a Csereháton. 1965 ELGI Évi Jelentés pp. 65–102
- Erkel A. et al. (1970): Geofizikai érckutatás Recsk és a Darnó-hegy körzetében. ELGI Évi Jelentés pp. 32–39
- Hoffer E. et al. (1970): Komplex geofizikai kutatás a Mátra hegység É-i peremén a Darnó-hegy körzetében. ELGI Évi Jelentés pp. 29–33
- Lendvai K. et al. (1968): Komplex geofizikai kutatás Recsk és Parád környékén. ELGI Évi Jelentés pp. 4–57
- Morvai L., Viola B. (1971): Az elvégzett mélyfúrási geofizikai munkák. Recski összefoglaló jelentés. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Mf-34
- Szabó G. (1966): Összefoglaló jelentés a Tokaj–Szalánci-hegységben a Zempléni dombvidéken és a Bodroghözben 1961-ben és 1964-ben végzett graviméter mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára G-53
- Szalay I., Szénás Gy. (1970): Jelentés az 1969. évi Recsk környéki szeizmikus mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Sz-139
- Szalay I. et al. (1971): Összefoglaló jelentés a Recsk és környékén végzett geofizikai kutatásról. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Kx-23
- Szalay I., Szabó Gné, Verő L., Zsille A. (1973): Összefoglaló jelentés a geofizikai kutatás 1972. évi helyzetéről a Darnó-vonal tágabb környékén. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Kx-28
- Szalay I., Verő L., Zsille A. (1973): Geofizikai kutatás a Darnó-vonal ércesedett tektonikai övezetében. ELGI Évi Jelentés pp. 28–30
- Szalay I., Taba S., Verő L., Zsille A., Hegedűs E. (1974): Geofizikai szerkezetkutatás a Darnó-vonal környékén. ELGI Évi Jelentés pp. 29–32

- Szalay I. (1975): A Darnó szerkezeti öv geofizikai kutatásának célprogram tervezete (1976–1985). Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára KFH 2138
- Szalay I. (1975): A recski kutatási terület szerkezetkutató geofizikai mérései és azok eredményei. Földtani Közlöny, Budapest 105, 724–732
- Szalay I., Dudás J., Hegedűs E., Schönviszky I., Taba S. (1975): Geofizikai szerkezetkutatás a Darnó-vonal környékén. ELGI Évi Jelentés pp. 26–30
- Szalay I., Hegedűs E., Schönviszky L., Taba S., Verő L. (1976): A Darnó szerkezeti öv geofizikai kutatása. ELGI Évi Jelentés pp. 38–43
- Szalay I., Dienes E., Nemesi L., Schönviszky L. (1977): A Darnó nagyszerkezeti öv geofizikai kutatása. ELGI Évi Jelentés pp. 34–41
- Szalay I., Zelenka T. (1979): A Darnó-vonal jelentősége É-Magyarország szerkezetfejlődésében. Általános Földtani Szemle Budapest 1979/13, 7–3
- Szilárd J. et al (1966): Komplex geofizikai kutatások a csereháton. Geofizikai Közlemények XV/1–4, 107–131
- Verő L. (1972): Felszínközeli geofizikai érckutatás a Darnó-vonal mentén. ELGI Évi Jelentés pp. 29–32
- Verő L. (1974): Okozhatnak-e meddő kőzetek GP anomáliát? Magyar Geofizika 15/1–2., 70–73
- Verő L. et al. (1981): Összefoglaló jelentés a Recsk D-i területen és környékén végzett geofizikai kutatásokról (1972–1981). Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára

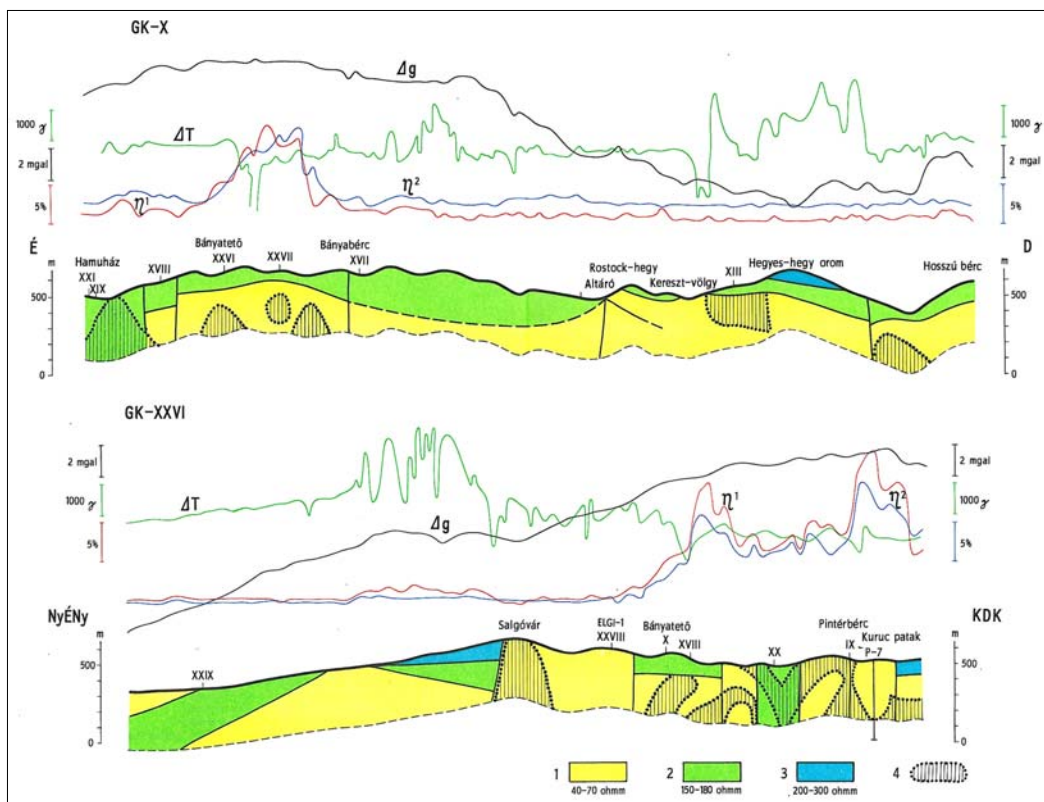
#### 4.3.3. Börzsöny hegységi érckutatás

*Király Ernő*

A Börzsöny hegységben végzett rendszeres érckutatások előkészítése 1969-ben *Zsille Antal* és *Komáromi István* földmágneses méréseivel kezdődtek meg a középkori bányászkodás területén. Ezt megelőzően már 1954-ben *Szalay Mihály* természetespotenciál-méréseket végzett Felsőrózsabánya környékén reménybeli szulfidos ércesedés kutatására. A mérésekről equipotenciális térkép készült (1954. *Intézeti Évi Jelentés*).

A KFH 1970-ben rendelte el a hegység rendszeres kutatását. Az intézeti témacsoport rendszerében ez a tevékenység „A Börzsöny hegység felépítésének és ércesedésének geofizikai kutatása” néven szerepelt.

A MÁFI részéről *Nagy Géza*, *Nagy Béla* és *Pentelényi László* voltak az első térképező társak. A 70-es évek elején az Intézet a földtani térképezést elősegítő kombinált (többparaméteres) geofizikai szelvényezéseket végzett.



4-44. ábra. Komplex geofizikai szelvények a Börzsönyben. (1: 40–70, 2: 150–180, 3: 200–300 ohm m fajlagos ellenállású rétegek, 4: nagy ellenállású benyomulások torzító hatása.  $\Delta g$ ,  $\Delta T(\gamma)$ ,  $\eta$  mérési adatok görbéivel)

A szelvényeken ércesedésre utaló kiugróan magas gerjeszthetőségi  $\eta$ , és gravitációs  $\Delta g$  értékek, de kis földmágneses  $\Delta T$  értékek szerepelnek Bányatető és Pintérbérc környékén. A szelvényekből paraméter térképek készültek (Taba Sándor).

A viszonylag ritka hálózatos komplex szelvényeken mért gerjeszthetőségi anomáliák területét és környékét Dudás József és Draskovits Pál hálózatos GP mérésekkel térképezte. A hálózatos mérések „mellékterméke” az ellenállás-térkép volt, és e kettő egybevetéséből egyértelműen látszott, hogy a nagy intenzitású GP-anomáliák a kis ellenállású bontott zónák felett alakultak ki.

A többéves terepi munkában észlelőként jeleskedtek: *Becher Gyula, Busai Imre, Pápai Géza, Lukács József, Marton Imre*. Ők valamennyien olyan terepi észlelők voltak, hogy – amint mondani szokás –, mindent tudtak műszerről, terepről, emberről. Közülük kerültek ki a mongóliai és később a kubai expedíció vezető észlelői.

A kutatásokkal kapcsolatban néhány szót kell még szólni még a hazai műszer- és módszerfejlesztésről, a hazai gerjesztett polarizációs kutatások történetéről és jeles zászlóvivőjéről, *Erkel András*ról.

A hazai érckutatás módszer- és műszertana gyakorlatilag a Börzsöny hegység kutatása során fejlődött ki és hozta meg a műszerfejlesztés kiváló gyümölcsét: a DIAPIR műszercsalád megteremtését (bővebben a *Műszerfejlesztés* c. fejezetben).<sup>11)</sup> A kutatások első időszakában vásárolt szovjet gyártmányú VPO–62 GP és MPPO–1 térbeállást mérő berendezéseket *Kőszegváry András* eleinte



4-45. ábra. Geoelektromos mérések a Börzsönyben. (*Erkel András* a DIAPIR műszerrel)

<sup>11)</sup> A 70-es évek elején a program indulásakor nem volt felszíni gerjesztett polarizációs kutatás, ha csak nem tekintjük kezdetnek a kémikus *Bod Magda* és *Erkel András* 50-es évekbeli GP kísérleteit.

hosszú hónapok kemény munkájával sem tudta életre kelteni. A csehszlovák gyártmányú GESKA műszerek jól szerepeltek hosszú éveken át. Egyszerű és gyors berendezések voltak. Kiváló műszer volt a Kanadából beszerzett „nyugati gyártmányú” MARK-VII, ez már pillanatnyi minta helyett két integrál-középértéket mért (ez a mérési szisztéma a zajelnyomás miatt volt hasznos). Ezt éveken át Pápai Géza és Busai Imre észlelők kezelték, s mindvégig hibátlanul működött. Ezek után bekövetkezett a nagy egymásra találás: Erkel András (az ELGI-ben mindenki „Erkelbandi”-ja, így egy szuszra mondva) csodálatos műszerelgondolásai és Simon Pál, a „Borzas”, konstruktóri munkája nyomán megszülettek sorban a DIAPIR család tagjai.

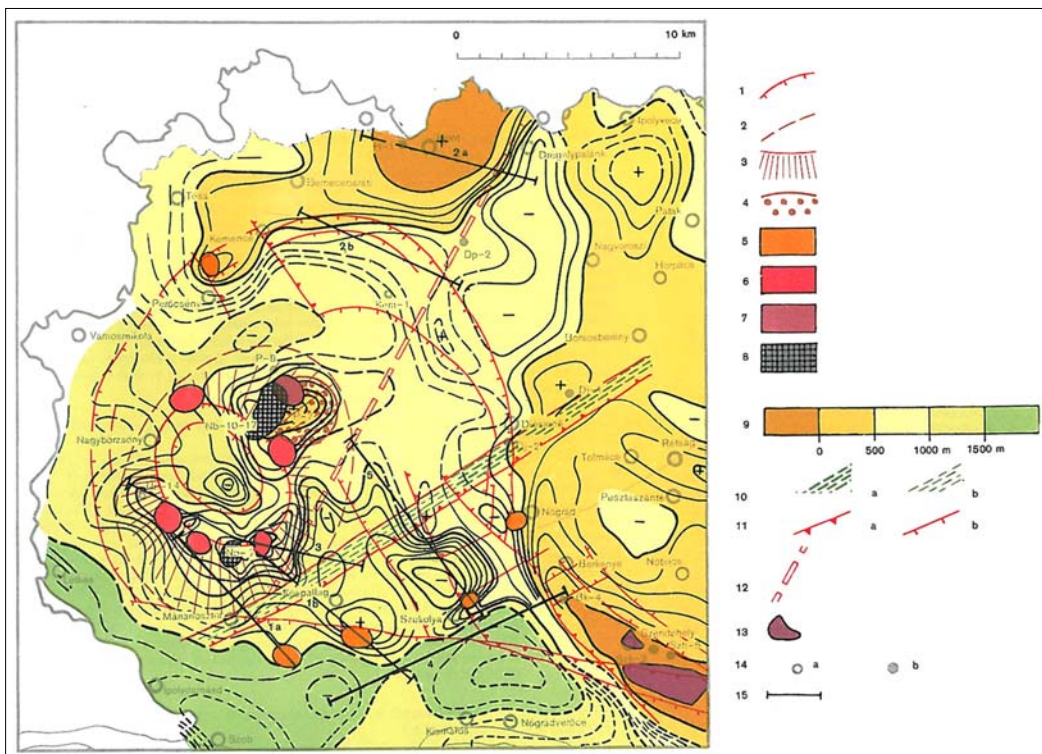
Az E-jelű műszerekkel végezték azokat a hálózatos méréseket, amelyekből GP térkép készült. Egy talpvonal mentén és jobbra-balra összesen három szelvényt mértek egyidejűleg! Gyors, termelékeny szervezési, észlelési rendszer volt. Az átmeneteket a szelvény-, illetve az egyes területrészek között Dudás József végezte.

Erkel András a Börzsönyi mérések anyagán dolgozta ki a GP lecsengési görbék vizsgálati módszerét, melynek alapján a vizsgált paraméterek – amplitúdó és időállandó – jellemzik az ércesedés kifejlődését: a teléres, hintett vagy tömzsös formációtípusok felismerését.

Mivel a Börzsöny hegységben ipari értékű (műrevaló) ércesedést nem ismertünk, Erkel Bandi módszerének ellenőrzésére többször megfordult Karagandában és Burgasban olyan megkutatott érces objektumokon, ahol módszerének lényegét bizonyította a hazai DIAPIR–18 jelű műszer mérési eredményei alapján. Ezeken az utakon kísérője volt Simon Pál főkonstruktóri minőségben. Jómagam is állandó kísérője voltam Bandinak.

Visszakanyarodva a kutatások indulásához, a cím szerinti feladat a hegység felépítésének kutatása is volt (ld. témacsoport neve). A gravitációs alaptérkép szerkesztéséhez a kiegészítő méréseket Schönviszky László vezette éveken át. A szűrt térkép előállításában Sz. Pintér Anna és Stomfai Róbert jeleskedtek. Tulajdonképpen a célfeladat ellátására szervezett Érckutató Osztály három terepi csoportja: a gravitációs, geoelektromos és GP csoport működött az Érc- és Mérnökgeofizikai Főosztály kebelén belül (továbbiakban ÉMF).

A Börzsöny hegység gravitációs anomália-térképe (ld. ELGI 1973. Évi Jelentésének 10. ábrája – ELGI Évi Jelentése a továbbiakban É.J.) szerint a Börzsönyt süllyedékekre utaló minimumgyűrűben elhelyezkedő kettős maximum (centrumterület) jellemzi. A hegység felépítésének megismerésére a gravitációs kép



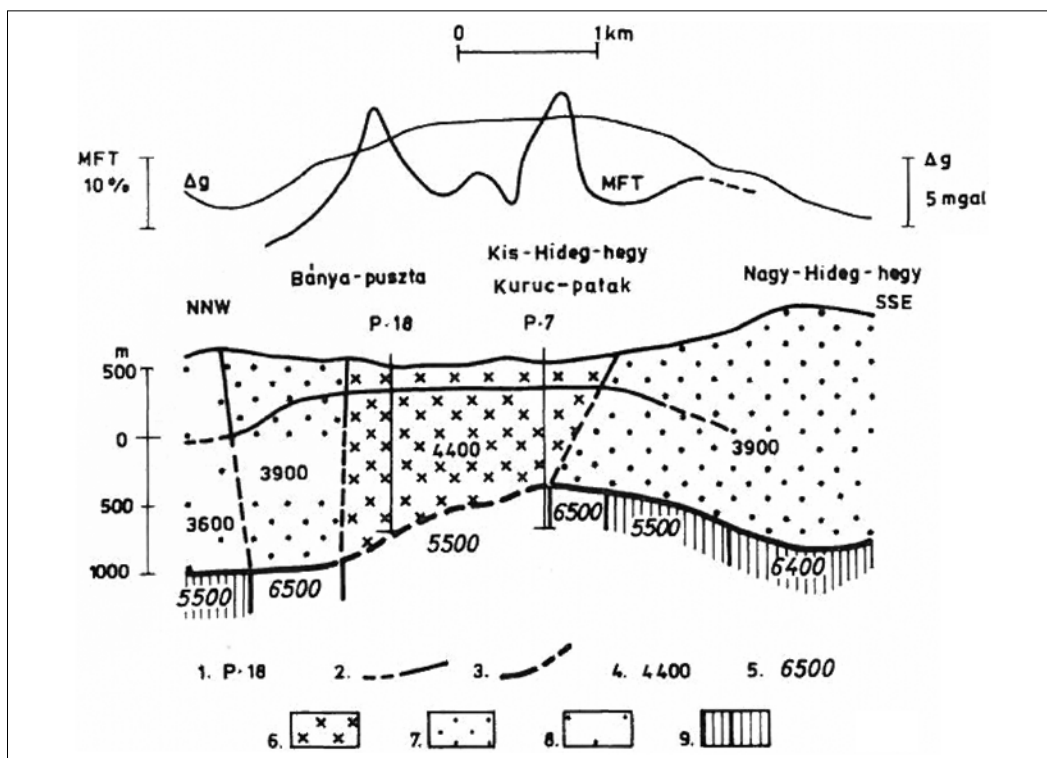
4-46. ábra. A Börzsöny hegység medencealjának domborzati és vulkán szerkezeti térképe. 1 – kalderaperemi gyűrűs törés, 2 – központi boltozat körvonala, 3 – lejtőmaradványok, 4 – kis-hideg-hegyi másodlagos boltozat, 5 – piroxénos amfibolandezit, 6 – biotitos amfibolandezit, 7 – amfibolbiotitandezit, 8 – aljzat nélküli terület, 9 – prekainozoós aljzat, 10 – a, b, c, diszlokációs övek, 11 – a, b törések, 12 – oligocén főtörés, 13 – felszíni kibúvás, 14 – a, b fúrások, 15 – földtani és geofizikai szelvények nyomvonalai

mellett nagy mennyiségű geoelektromos szondázást végeztek (VESZ), és fontos szerepet kapott a refrakciós szeizmika is. A refrakciós szelvények mentén telepítették a szondázásokat, így a kiértékelés komplex volt. A légi mágneses és a radiometriai (K) felvételek már a korábbi években elkészültek, ezeket a méréseket a MÉV végezte el.

Mituch Erzsébet mint témafelelős szerkesztette Taba Sándorral az első szelvényeket, majd 1972-től Szalay István vezényelte a börzsönyi szeizmikát. Később reflexiós mérések is voltak. A gravitációs maximumot átszelő refrakciós szelvé-

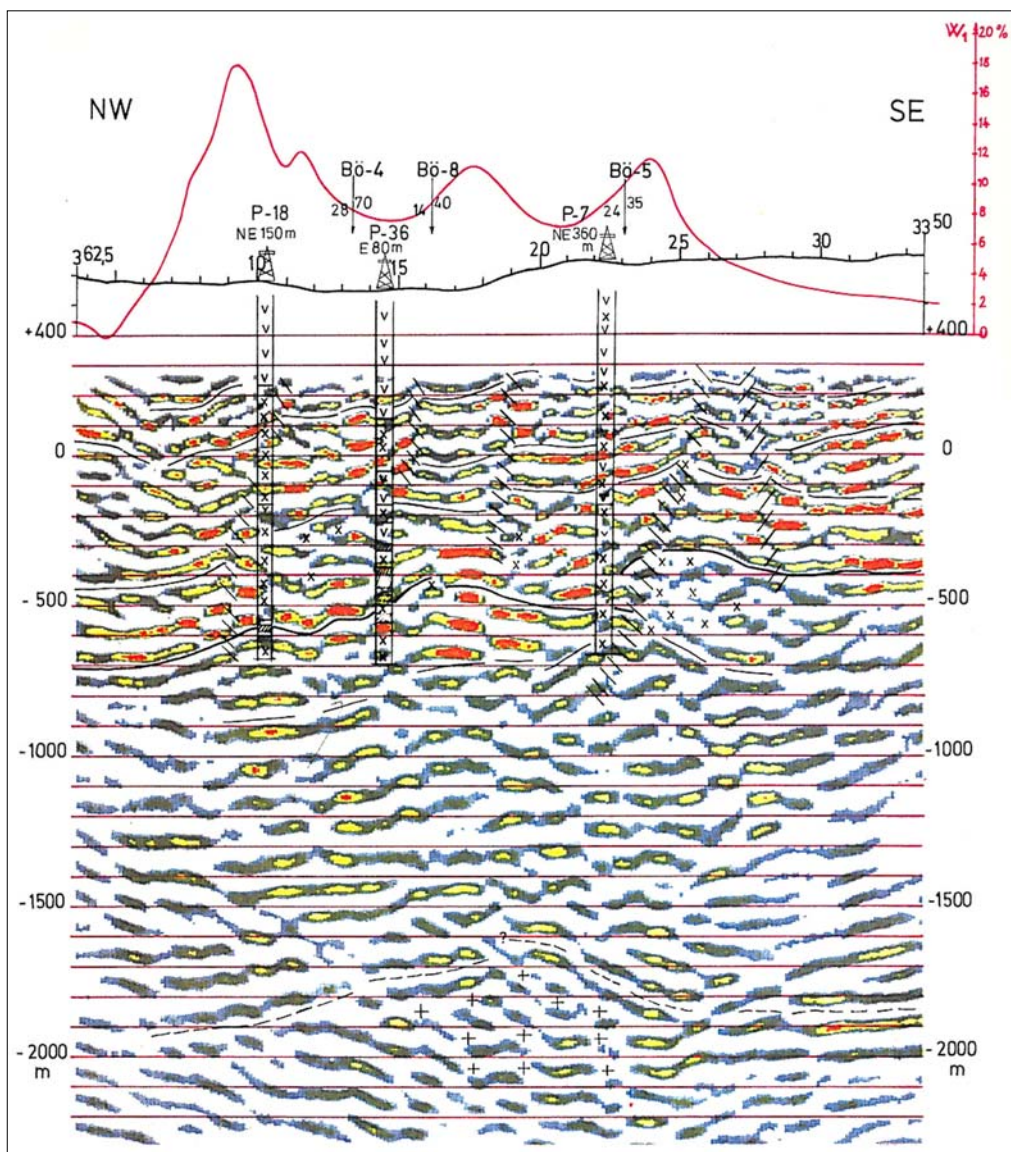
nyeken (pl BÖR-22) a Börzsöny központi területén Recskhez hasonlóan, de mélyebben aljzatkiemelkedést és fedősebesség-növekedést jeleztek. Ezt az uralkodó földtani felfogás vitatta, de végül az ellenőrző mélyfúrások megerősítették azt.

A hegység peremétől indított szelvényeken a VESZ és a refrakció is aljzat-süllyedést mutatott, azonban a hegység belseje felé minden összezavarodott. A szubvulkáni áttörés környezetében nem tudtuk értelmezni a szerkezetkutató méréseket (A VESZ és a refrakció együttes adatait Balla Zoltán és Szalay István jóval később térképszerűen feldolgozták, és ezek már körvonalazták a felépítés lényegi részeit).



4-47. ábra. A Börzsöny hegység központi területének földtani-geofizikai szelvénye. 1 – mélyfúrás, 2, 3 – refraktáló szintek, 4 – fedőösszet átlagesbessége m/s, 5 – refrakciós határsebesség m/s, 6 – szubvulkáni andezit központi test, 7 – rétegvulkáni összet, 8 – üledékes rétegvulkáni összet, 9 – prekainozoós aljzat





4-48. ábra. Bö-3 reflexió mélységshelvény. (V – andezit, tufa, tufit, agglomerátum, X – andezit; a feltételezett szubvulkáni test, //// – alaphegység (kvarccsillámpala), + – feltételezett intrúzió, piros vonal: GP-anomáliagörbe)



A KFH által indított kutatási program kezdetektől fogva közös volt a MÁFI-val, és annak ellenére, hogy például közös nyomvonalakon történtek a térképező, a metallometriai és geofizikai felvételezések, a geofizikai értelmezés nem tudott kialakulni. Fordulatot jelentett *Balla Zoltán* és *Havas László* bekapcsolódása az értelmezési kérdésekbe. 1975-től gyakorlatilag *Balla* irányította és vezette a hegység kialakulását kutató-értelmező munkát, és érdeklődéssel látott hozzá az ércföldtani vonatkozású anyagok értelmezéséhez. Az első, 1976. évi jelentésében már ezzel a címmel jelölte meg a témát: „Helyzetkép a Börzsöny hegység földtani felépítésére és ércesedésére vonatkozó adatok egységes értelmezéséről”.

Ebben szerepelnek először az egész hegységre vonatkozó szeizmikus és geoelektromos adatokból szerkesztett „A prekainozoós aljzat domborzati térképe és annak értelmezési vázlata, továbbá a szeizmikus határsebeség térképek”.

Következő lépésként *Balla* és *Szalay* megszerkesztették „A Börzsöny hegység medencealjzatának domborzati és vulkán tektonikai térképét”.

A továbbiakban az ELGI kifejezetten az ércesedés kutatására kapott megbízást. Ezt tükrözi az 1978. *Évi Jelentés* címe is. A gerjesztett polarizációs térképet az ellenállásértékekre vonatkoztatva szerkesztették meg a metallfaktor- (MFT) térképet, amely jobban kiemeli az anomális részeket. Szelvénymetszet alapján az MFT anomáliák a szubvulkáni test szegélyén helyezkednek el.

Mai szemmel ez peremi pirithintést, zonációt is jelenthet, ami kis hőmérsékleten kiváló ásványtársulást tartalmaz (pirit, arany stb.) a magasabb hőmérsékleten kiváló réztartalmú kalkopiritet közöttük és mélyebben lehet keresni.

*Balla Zoltán* ekkor már a nagy összefoglaló jelentéseken dolgozott a MÁFI-s kollegákkal, s így az ELGI évi jelentésében szereplő utolsó beszámolót *Király Ernő* és *Szalay István* állította össze. Megszülettek az első reflexiós szelvények is, amit akkor óriási eredményként értékelt a szakma.

*Szalay István* korábban ezt írta: „A szelvényben a bevetített P-7 fúrástól DK-re az aljzat – valószínűleg szubvulkáni benyomulás hatására – kiemelkedett, az energiaszegény szakaszon részben felemészthető. A benyomulás a rétegvulkáni felépítményt is megemelte és összetöredezte”. Hát ilyen képet a kutatások indításakor nem is mertünk remélni!

A közvetlen érc kutatás elősegítésére szerkesztették az értelmezett szelvényeket és az összesített GP-anomália- és szerkezeti térképet. A központi terület É-i részének a GP-anomáliatérképe és szerkezeti vázlata látható az ELGI 1979. *Évi Jelentés* 18. ábráján.

Ezzel lezárultak a Börzsöny hegységi kutatások, a témacsoport megszűnt. Megszülettek viszont az összefoglalók, amelyek a hegység egészére vonatkozó összes fellelhető anyagot tartalmazzák. Az első kötet a hegység felépítését tárgyalja Balla Z. és Korpás L. szerkesztésében (Balla, Korpás 1978). A második nagy összefoglaló szerkesztését is ők irányították, míg az egyes fejezeteket a témával foglalkozók írták meg.

„A Kis-hideg-hegyi területek ércesedésének összefoglaló ipari értékelése” c. fejezetben Balla nem remél újabb felszínközeli lelőhelyet, a különböző anomáliák jobbra a régi bányászkodás területét fedik le. A „tisztázott képek nem jogosítanak fel túlságosan nagy reményekre”.

A mélységi perspektívák megítélése nem egyértelműen negatív. Annyi bizonyos, hogy a néhány mélyfúrásból ismert zóna alacsony átlagminősége nem ipari értékű, de ez még nem egyértelműen kizáró kritérium tüzetesebb érckutatás esetén. Visszagondolva a több mint egy évtizedes munkára, azt mondhatjuk, ez nehéz, de gyönyörű feladat volt. S a benne résztvevők dicséretére elmondhatjuk, hogy nagyon jó érzés a sikereket hozó tevékenységre visszagondolni.

#### **4.3.4. A Darnó-vonal ércesedett tektonikai övezetének geofizikai kutatása (1973–1978)**

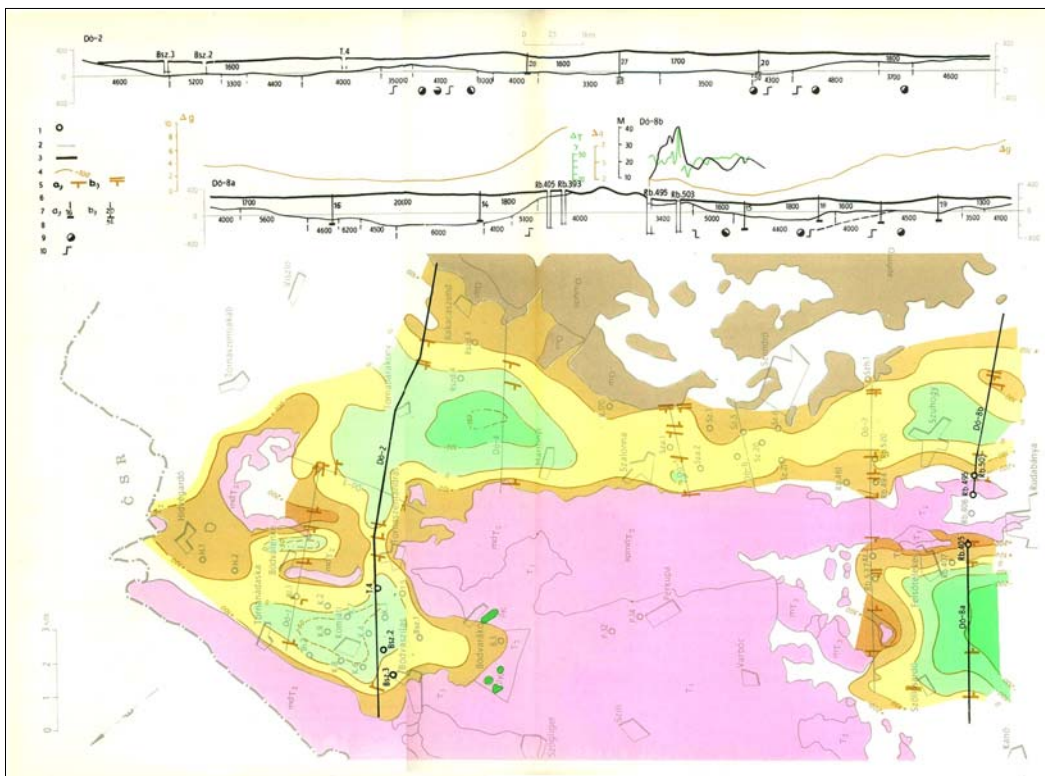
*Szalay István*

A MÁFI geokémiai és az OÉÁ ércföldtani indokai alapján a KFH 1973-ban három-éves célprogram-előkészítő átnézetes geofizikai kutatást indított a Darnó-vonal menti területeken.

Ennek előkészületeként az ELGI „direkt érckutató” (GP, PS, földmágneses) módszertani kísérleteket végzett a Darnó-hegyen és Rudabányán (Verő 1973), összefoglalta a Darnó-vonal környezetének ismeretességi helyzetét, a geofizikai térképek mellett közreadta a szelvények értelmezését és a teljes terület szakirodalmi jegyzékét (Szalay et al. 1973), valamint összeállította az áttekintő ismeretességhez szükséges mérési tervet 3 éves ütemezésben.

1973-ban Rudabánya környékén kezdtük meg a munkákat gravitációs hálózattal történő kiegészítéssel, refrakciós és VESZ mérésekkel a szondázási pontokon és kiválasztott szelvényszakaszokon végzett érckutató GP,  $\Delta T$ , valamint korrelációs  $\Delta g$  mérésekkel (Szalay, Verő, Zsille 1974).

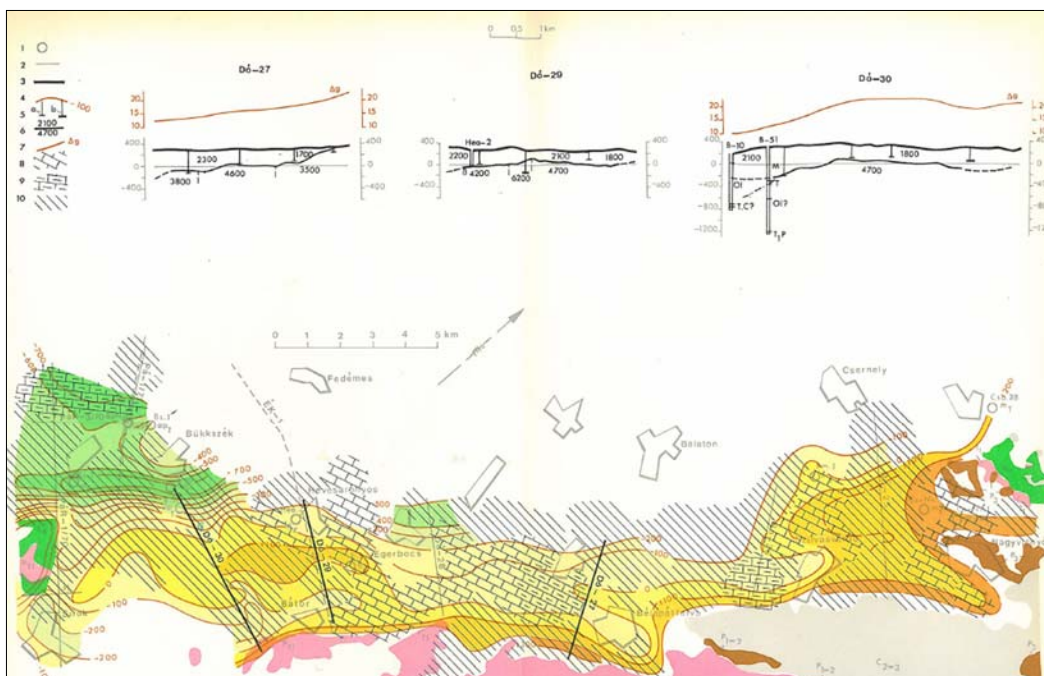
Az eredményekről 1:100000-es méretarányú térképsorozat készült: gravitációs, Bouguer- és maradékanomália-térkép sűrűség tömbökkel, geoelektromos



4-49. ábra. Rudabánya környéki geofizikai eredménytérkép a jellemző szelvényekkel. (1 – fúrás, 2, 3 – geofizikai szelvény nyomvonala, 4 – az aljzat mélysége tszf. , 5 a,b – vető, 6 – feltételezett paleozoós–mezozoós határ, 7 – geoelektromos szondázás fedő- és aljzat-ellenállásokkal (ohm m), 8 – szeizmikus határsebesség (m/s), 9 – a gravitációs ható becsült dőlése, 10 – gravitációs adatokból meghatározott vető)

aljzattérkép a pontokon mért GP-értékekkel, szeizmikus aljzattérség-térkép a hegyközi és szegélyi medencékről és ún. aljzatszerkezeti térképvázlat a sebesség és ellenállás alapján valószínűsített kőzettípusokkal és a szeizmikus gravitációs változásokból feltételezett vetőkkel. Világosan kirajzolódnak a részben ismert Bódva-völgyi pliocén lignites medencék Komjáti, Tornabarakony, Szalonna térségében.

A tájékozódó geofizikai érckutatás során Verőék GP- és földmágneses anomáliáknál hidrotermálisan átjárt, esetleg ércesedett területre következtettek. Tovább folytatták Alsótelekestől D-re a Szőlőhelytető fúrással is feltárt színes



4-50. ábra. A Bükk Ny-i peremének geofizikai eredménytérképe a jellemző szelvényekkel. (1 – fúrás, 2, 3 – geofizikai szelvény nyomvonala, 4 – az aljzat mélysége tszf., 5 a,b – geoelektromos szondázások, 6 – szeizmikus sebességek, 7 –  $\Delta g$  görbe, 8 – karbonátos aljzat ( $V > 5500$  m/s,  $\rho = \infty$ ), 9 – vegyes anyagú aljzat, 10 – pala)

ércesedés nyomozását is, megállapítva az 1972. évi vetőhöz kapcsolódó GP-maximum K–NY-i kiterjedését.

*A kutatás témafelelősei:*

Gravitációs és földmágneses:

*Zsille Antal*

Geoelektromos, GP és geofizikai érckutatás

*Verő László*

Szeizmikus:

*Hegedűs Endre*

Földtani-geofizikai előkészítés:

*Braun László*

Témacsoport-vezető (szerkezetkutatás):

*Szalay István*

1974-ben a Bükk hegység Ny-i peremén, Dédes és Domoszló között folytatódott a kutatás nagyrészt változatlan módszerekkel és résztvevőkkel.

A szerkezetkutatások eredményeit a 4-50. ábrán mutatjuk be.

Az ábrából kitűnik a szilárdásvány-kutatásra még szóba jöhető kis mélységű medencealjzat sávja és a metasomatózisra kedvező karbonátos kőzetek kis elterjedése az aljzatfelszínen. A geoelektromos szondázásokat *Taba Sándor*, a felszínközeli geofizikai érckutatást GP és ellenállásmérésekkel *Verő László*, a földmágneses  $\Delta T$  méréseket *Schönviszky László* végezte. A paraméteregyüttes különböző kombinációjú változásai egybeestek a képződményhatárokkal. A nagy szervesanyag-tartalmú (sötét grafitosodott karbon agyagpalák fedett helyzetben is megtévesztő, nagy GP-anomáliákat és kis ellenállást mutatnak. Ércföldtanilag a metallometriai és földmágneses anomáliákkal, elváltozásokkal kísért felső perm – középső triász karbonátos és homokkőves képződményeken mért kisebb anomáliák a figyelemre méltóbbak.

1975-ben az Upponyi- és Rudabányai-hegység közötti, mintegy 200 km<sup>2</sup> területen végzett komplex kutatással fejeztük be a Darnó-vonal menti célprogram előkészítő geofizikai méréseket (Szalay et al. 1976). A térképszerkesztéshez felhasználtuk a korábbi és az ózdi vízföldtani mérések és a fúrások adatait is.

A Mátra felépítésének megismerésére egy refrakciós szelvényt mértünk Bánybérc–Gyöngyösolymos között. Az érces területek vulkáni szintjei alatt viszonylag kiemelt, nagy határsebességű (karbonátos?) aljzat és domborodó mélysint (intrúzió?) van.

Rudabányánál egy hatszoros fedésű reflexiós szelvénnel a hegység szerkezetét vizsgáltuk. Ebben az évben a GP méréseket *Dudás József*, a mátrai szeizmikus méréseket *Szalay István* vette át, egyébként a korábbiak folytatták a munkákat.

A KFH és intézményei a régióban érdekelt OÉÁ és MÉV közreműködésével elkészítették a Darnó szerkezeti öv két ötéves tervre kiterjedő komplex földtani előkutatási célprogramját, amelynek a geofizikai tervezetét az ELGI állította össze. Az ütemezett geofizikai vizsgálatok három munkatípusa:

- mélyszerkezet-kutatás kiválasztott szelvények mentén,
- középmélységű geofizikai kutatás a hegységperemeken,
- geofizikai térképezés kibúvásos területeken, gravitációs, földmágneses térképezés és hatószámítás.

A földtani-geofizikai szelvény menti térképezés sávjain a sztratigáfia, tektonika, ércgenetika jellemző vonásainak a megismerése volt az előfeltétele a hegységek későbbi térképezésének.

A Darnó-övi komplex előkutatási program első, 1976. évi geofizikai mérései több területi egységen folytatódtak (Szalay et al. 1977).

Mélyszerkezet-kutató reflexiós és refrakciós geoelektromos szelvényt mértünk Mátraballa–Darnó-hegy–Demjén vonalában. Gravitációs hálózatkiegészítő mérések voltak Ózdtól Ny-ra a csehszlovák határig és Eger környékén.

A Domaháza és a Darnó-hegy–Egerbocs környéki légi mágneses anomáliákon hatószámításra alkalmas földmágneses szelvényezést végeztünk. A Bükk és az Upponyi-hegység területén geofizikai térképezést és ércindikációs kutatást folytattunk VESZ, GP, PS,  $\Delta T$  szelvényezéssel.

*Témafelelősök:*

gravitációs és földmágneses:

*Schönviszky László*

geoelektromos, GP, PS:

*Taba Sándor*

szeizmikus reflexiós:

*Hegedűs Endre*

számítógépes feldolgozás:

*Petrovics Ilona*

témacsoport-vezető és refrakciós témafelelős:

*Szalay István*

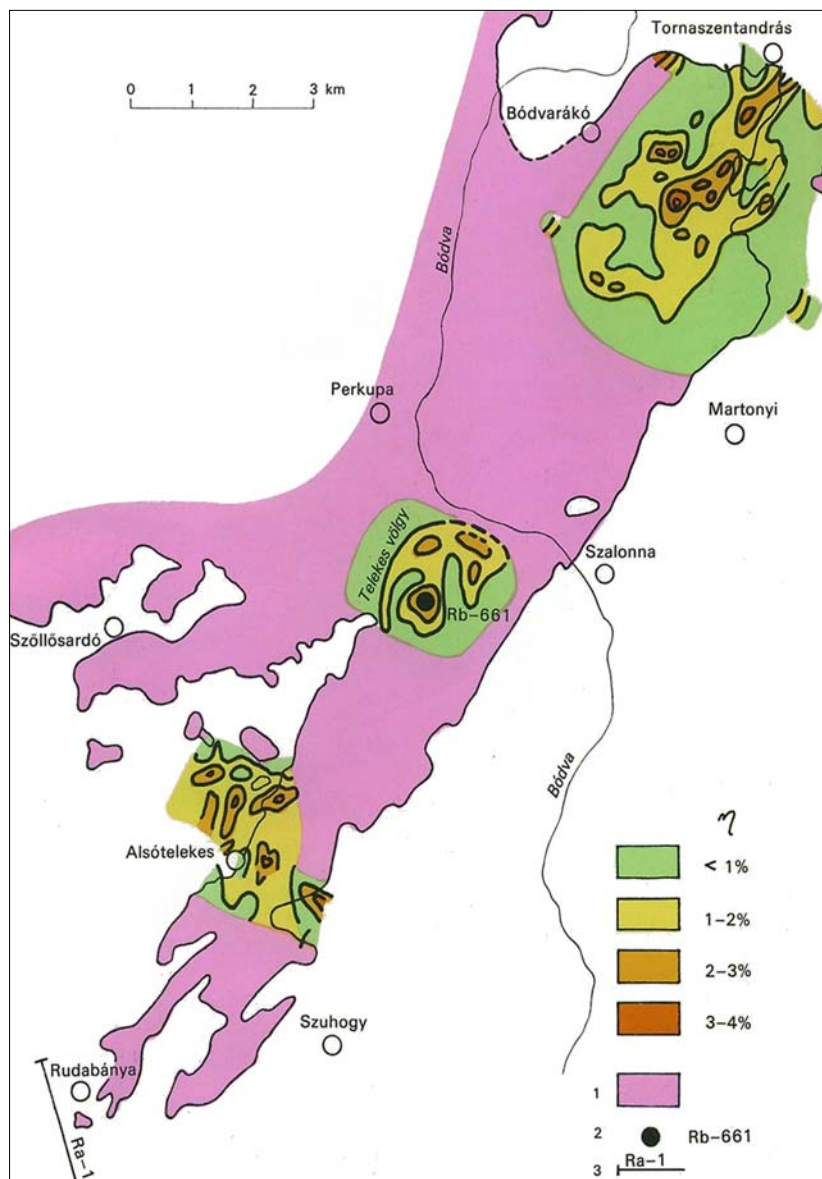
*Alkalmazott műszerek:* CG-2 típusú Sharp graviméter, G-816 típusú Geometrix magnetométer, Geska, GE-23T, T-9, és GeP 2 geoelektromos műszerek, SDT-2 digitális (reflexiós) és 3 db SZM 24+6 analóg (refrakciós) szeizmikus műszer, GSC-11D geofoncsoport (refl.), ill. CV-5 geofon (refr.). *Számítógép:* Minszk-32.

Az 1977 évi Darnó-övi geofizikai mérések a Bükk hegység és az Upponyi-hegység mélyszerkezet- és ércindikációs kutatására irányultak. A mélyszerkezet-kutatás keretében három reflexiós szelvénnel harántoltuk a Darnó-vonalat, közülük a vibroszeiz rendszerrel mért szelvény keresztülszeli mindkét hegységet. Folytatódtak a gravitációs hálózatkiegészítő mérések a Bükkben és a Bükkalján, továbbá a szelvény menti geoelektromos mérések a Bükk hegységben.

A korábban nem kutatott Bükkalján nagy területre kiterjedő tellurikus mérésekkel (*Nemesi László*) és geoelektromos szondázásokkal (*Dienes Endre*) tájékozódunk a medencealjzat regionális morfológiájáról.

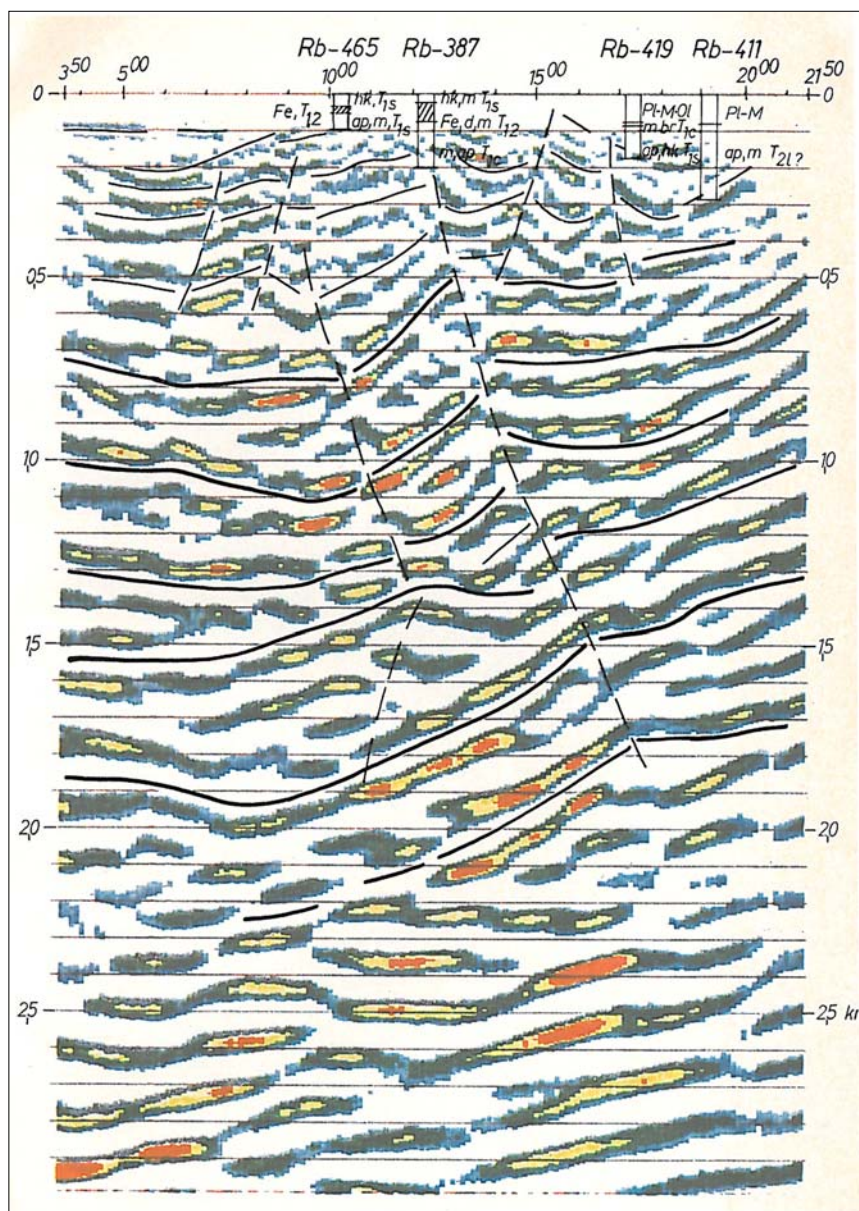
A reflexiós mérések kétféle technológiával történtek: két robbantásos, viszonylag részletesebb reflexiós szelvény készült az ózdi medence miocén széntelepes peremterületein (Ma-1 és Csá-1) *Hegedűs Endre* gondozásában SDT-2 műszerrel és egy vibrátoros rezgéskeltésű, áttekintő, 10 részegységből álló, ÉK-3 jelű szelvény az Upponyi- és a Bükk hegység paleozoós–mezozoós képződményeinek kibúvásterületein *György Lajos* vezetésével, CFS-SD-10 műszerrel.

A két hagyományos szelvény, amely üledékes fedővel fedett területen harántolta a Darnó-vonalat, elsősorban a miocén széntelepes rétegsor paleogén-



4-51. ábra. A Rudabányai-hegység GP térképe (1 – triász kibúvás, 2 – fúrás, 3 – reflexiós vonal)





4-52. ábra. Ra-1/78 reflexiós mélységsvélvény



nel való szögeltéréseit és az üledékes paleogén Ny-felé történő kivastagodását jelzi. A Darnó-vonal és az Upponyi-hegység belső szerkezetébe inkább a vibroszelvény ÉK-3a szelvénytörzse enged bepillantást, ez ideig nem látott aljzati feltolódások, óriási szögdiszkordanciák kombinációjával, az upponyi és nekézsenyi fúrásokkal igazolt karbon rétegdőlésekkel.

A bükki szelvénytörzsekön számos olyan mélyszerkezeti változás látszott, amely a korabeli földtani térkép (*Balogh Kálmán*) alapján és mélyfúrás híján nem volt ellenőrizhető.

A geofizikai térképezést a II. szelvényen a Bán-völgyétől a Bálványig (Bükk) folytatták, és lemérték a III. szelvényt Uppony–Dédesvár–Csipkésút vonalán a Bükk-fennsík kihagyásával és néhány kisebb szelvény mentén Nagyvisnyó, Nekézseny, Dédestapolcsány környékén, *Dienes Endre* vezetésével.

1978-ban érc- és szerkezetkutató geofizikai méréseket végeztünk a Rudabányai-hegységben (Szalay et al. 1979). A Rudabányai-hegység átfogó színes-érckutató keretében az OÉA-val egyeztetett tervek alapján áttekintő, majd részletező GP szelvényezéseket végzett *Dienes Endre* a bányaterülettől É-ra, az átlagosnál nagyobb gerjeszthetőségű alsótelekesi, telekesvölgyi, tornaszent-andrási területen.

A migrált, amplitúdó szerint színezett Ra-1 mélység-szelvényen feltüntetett fúrások közül a mélybeli törésszóna fölött levő két fúrásban (Rb-465,-387) mutatnak ki rézércnyomokat (savanyú pátvasércben kalkopiritet).

A szerkezetkutató reflexiós mérésekkel és a regionális szelvényeken telepített geoelektromos mélyszondázásokkal a Rudabányai-, az Aggteleki- és a Szendrő-hegység felépítését és szerkezeti kapcsolatát vizsgáltuk.

Szeizmikus vibroszeiz témafelelős és csoportvezető:	<i>György Lajos</i>
Szeizmikus robbantásos témafelelős:	<i>Hegedűs Endre</i>
Számítógépes feldolgozás vezetője:	<i>Petrovics Ilona</i>
Értelmező, témacsoport-vezető:	<i>Szalay István</i>

A Darnó-vonal földtani-geofizikai jellegéről, fejlődéstörténetéről 1977-ben a Magyarhoni Földtani Társulatban, majd az *Általános Földtani Szemlében* számoltunk be (Szalay, Zelenka 1979).

1978-ban a KFH elnökének utasítására a MÁFI és az ELGI három területre érckutatói javaslatot, koncepcióvázlatot készített iparági (OÉÁ és MÉV) adatok és konzultációk figyelembevételével (Balla, Horváth 1978). A három terület:

Börzsöny-Dunazug, Velencei-hegység–Balatonfő, Darnó-övezet (Mátra–Rudabánya).

Ekkor a recski kutatás már felderítő fázisban, a Börzsöny központi terület-rész előkutatási fázisban volt, és felmerült a működő ércbányák további sorsa, mélyszinti hintett-eres (Mátra) általában színesérc-perspektivitása (Rudabánya), illetve a felhagyott ércbányák és ércindikációs körzetek kutatási lehetősége. A recski ércvagyon gazdaságos feldolgozása érdekében még további készletek bevonása volt kívánatos a következő rangsorolásban:

1. Mátra,
2. Velencei-hegység,
3. Rudabányai-hegység,
4. Telkibánya,
5. Szabadbattyán környéke.

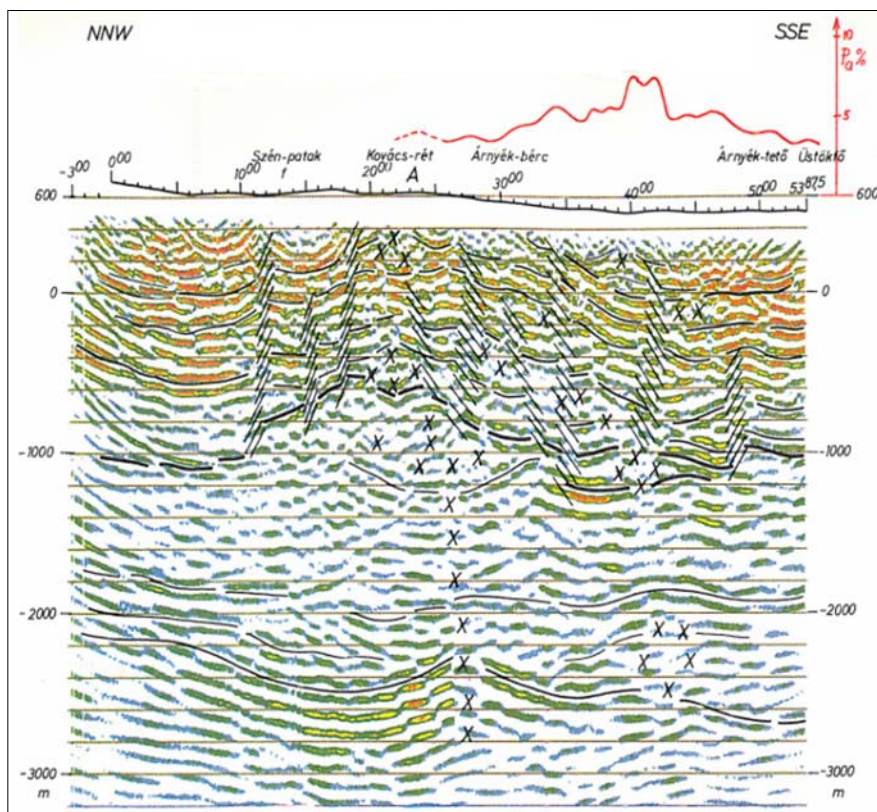
A kutatások a rangsor, előkészítettség és a kapacitáslekötés arányában folytatódtak Észak-Magyarországon.

#### **4.3.5. A Középső- és Nyugat-Mátra geofizikai ércelőkutatása (1980–1985)**

A Mátra geofizikai ércelőkutatását KFH finanszírozással, a MÁFI fővállalkozóval együttműködésben kezdtük meg 1980-ban a közösen kidolgozott program keretében. Sűrű fúrás telepítési igényekre figyelemmel a szerkezet- és közvetett érc kutatások egyszerre indultak az ércindikációk és áttekintő gravitációs, szeizmikus refrakciós adatok alapján perspektivikusnak tartott területeken.

A Gyöngyösi mélyszint szerkezetkutatására 3 reflexiós vibroseis vonalat mért *György Lajos* csoportvezető témafelelős az Oroszi bányatelepen át (Ma-2), Mátraszentimre–Asztagkő vonalában (Ma-1) és közöttük (Ma-3). A számítógépes feldolgozást *Petrovics Ilona* végezte a megfelelő sebesség- és szűrőanalízis alapján.

Az ércbánya vetőkkel és vulkáni feltörésekkel szabdaltságot mutató területen helyezkedik el, centrumában szubvulkáni benyomulás által megemelt rétegvulkáni alakzattal („A” objektum). A felboltozódás törései a GP-anomáliákkal összefüggést sejtetnek. A peremeken „piritfelhő”, a boltozatnál nagyobb hőmérsékleten kiváló színes ércekkel. A MÁFI-val egyetértésben az „A” objektumra mélyfúrás javasoltunk, amelyet 1981 nyarán Kovácsréten tűztünk ki GyS-5 néven. Mátraszentlászló és Gyöngyösi között kezdődtek meg a hálózatkiegészítések.



4-53. ábra. Ma-1/80 migrált, amplitúdó szerint színezett reflexiós mélységshelvény.  
(A piros színű görbe a  $P_a$  paraméter %-os értékeit ábrázolja)

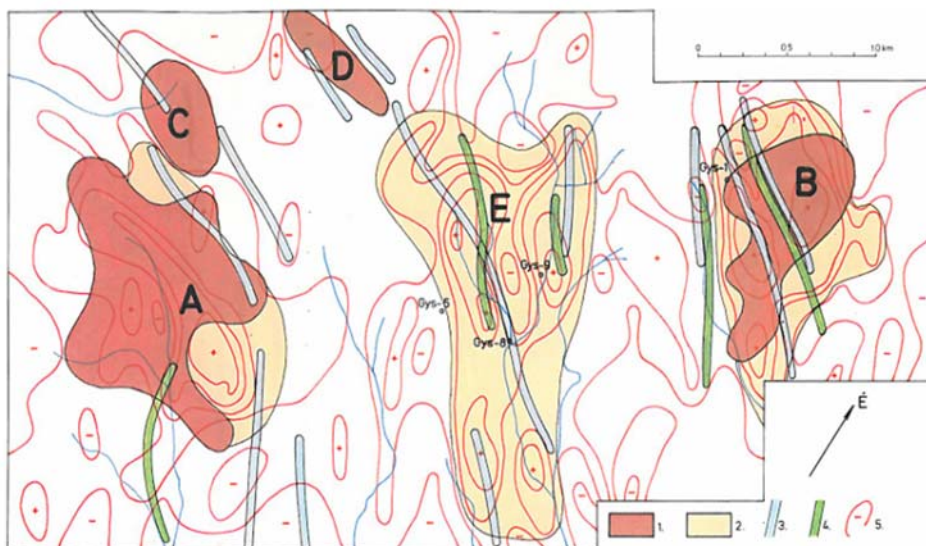
szító gravitációs mérések 250 m-es állomássűrűséggel, ami megfelelő korrekciók és másodlagos feldolgozás után lehetővé teszi a felszínközeli sűrűségváltozások, vulkányszerkezeti elemek (centrum, szubvulkáni test, töréshónák, sasbércek) ki-mutatását.

A felszínközeli hintett szulfidos ércesedés áttekintő kutatását az OÉÁ ja-vaslatára Asztagkőből É-ra kezdte meg *Madarasi András* a MÁFI metallometriai mintavételezésével közös 400x50 m-es hálózatban végzett GP szelvényezéssel. A GP szelvények anomáliásávjában és a regionális kép jobb megértéséhez, va-lamint a feltételezett mátrai eltolódás bizonyítására *Balla Zoltán* és *Havas László* földtani adatgyűjtést végzett Parádsasvár–Parádóhuta térségében.

1981-ben befejeződött a hegység középső részének gravitációs felmérése, és *Schönviszky L.* megszerkesztette a központi terület Bouguer-anomália-térképét a vulkáni hegységekre jellemző  $2,4 \text{ g/cm}^3$  korrekciós sűrűségel. Az országos  $2 \text{ g/cm}^3$ -es sűrűséggel számított anomáliaképhez képest a maximumvonulat délebbre tolódott, sikerült a hegygerinc torzító hatását korrigálni.

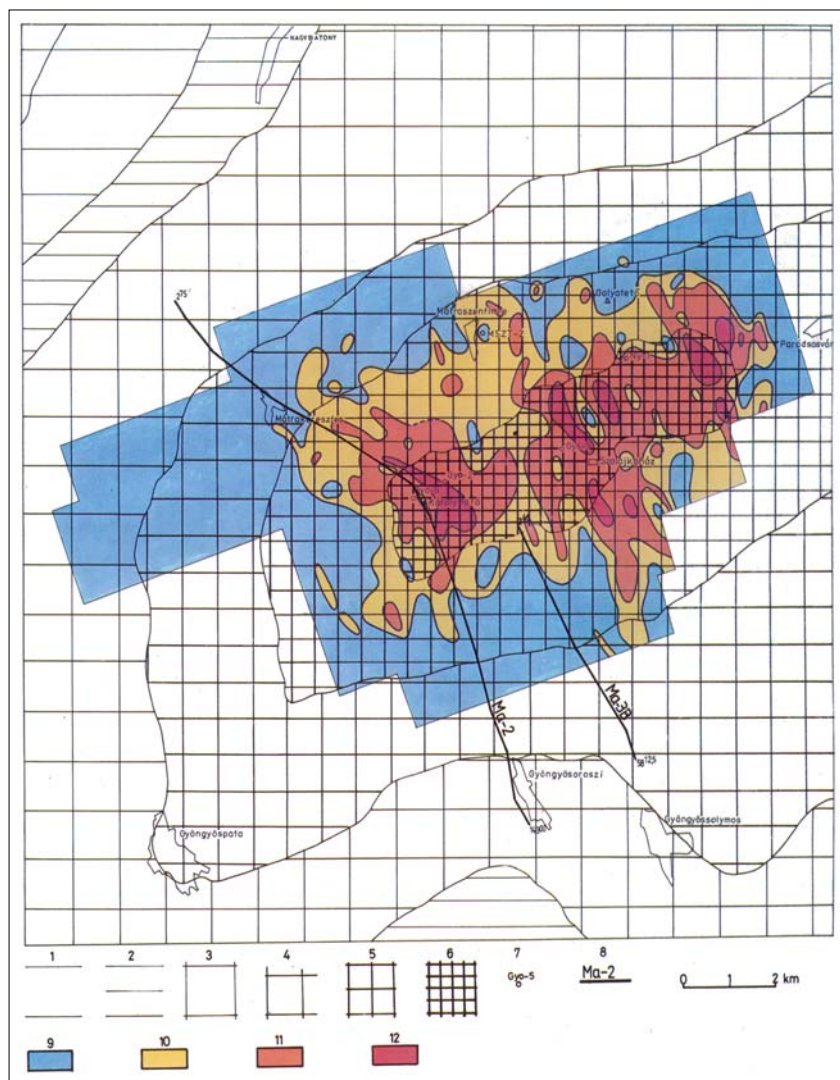
A földtani térképezés a Mátra ÉNY-i részén folytatódott. A szeizmikus mérések 9 vibroszeiz szelvénnel a kutatási terület középső és Ny-i részén, két szelvény meghosszabbításaként Recsknél folytatódtak.<sup>12)</sup>

1982 közepén befejeződtek a kitűzött mélyfúrások, a Gyo-5, 1200 m-ig nem jutott ki az andezitből (kürtő?), de harántolt néhány telért. Csak a Gys-5 mélyfúrás érte el a vulkáni összlet üledékes fekvését: a metasztatizált piritimpregnációs képződménysort diorit és granodiorit-porfirit járta át (Nagy G. et al. 1986).



4-54. ábra. A Mátrában végzett gerjesztett polarizációs mérések eredménytérképe a metallometriai felvételezés (MÁFI) főbb anomáliáival. (1 – ismert érces terület, 2 – eredménybeli terület, 3 – Pb-anomália tengelye, 4 – Zn-anomália tengelye, 5 – látszólagos gerjeszthetőségi izovonal. Az érces területek: A – Gyöngyösorszi, B – közép-mátrai, C – pelyhesi, D – mátraszentimrei, E – szén-pataki)

<sup>12)</sup> 1981 második félévétől Szalay I. kubai kiküldetése alatt a témacsoport vezetését *Verő L.*, a szeizmikus kiértékelést *György L.* és *Detzky G.*, a számítógépes feldolgozást *Tímár Z.* folytatta.



4-55. ábra. A Középső- és Nyugat-Mátra GP-anomáliáinak elhelyezkedése az 1100 m-re fölfelé folytatott Bouguer-anomáliatérképen. (1, 2, 3, 4, 5, 6 – mgal értékek: (–5–0), (0–5), (5–10), (10–15), (15–20), (20–25) határok között, 7 – mélyfúrás, 8 – szeizmikus szelvény, 9–12 – látszólagos gerjeszthetőségi értékek 0–12% között, a kék szín zérus gerjeszthetőséget jelöl)

A fúrás 1400 m-ben miocén metasomatit-báziskonglomerátumban állt le alaphegység jellegű paraméterekkel. Hat érces telért harántolt, két cinkben és ólomban, egy alsó 815 m-nél rézben dús, de a recski előfordulásnál mélyebben van.

1982-ben a hegység É-i és Ny-i peremén folytatták a gravitációs hálózatkiegészítő méréseket. A feldolgozás a továbbiakban a kartografikus korrekció számítógépesítéséhez szükséges adatelőkészítéssel folytatódott. A szeizmikus vonalhálózat két vibrátoros rezgéskeltésű szelvénnel a Ny-Mátrában és 3 légágyús (air gun) OKGT GKV kivitelezésű szelvénnel D-felé bővült. Az áttekinthető GP méréseket ÉK-felé, a középső mátrai ércesedés területén, valamint D felé folytatták háttérszintig. Kialakult a harmadik, közép-mátrai (Parádsasvár–Nyírjes) GP-anomália területe.

A GP- és metallometriai anomáliák alapján bővültek az ismert ércsterületek is, de *Madarasi A.* és *Nagy G.* az új, nagy Szénpatak környéki központi területre irányították a figyelmet, ahol a metallometriai anomáliákra telepített Gys-8 és a GP részletmérések után telepített Gys-9 fúrás galenit-szfalerit tartalmú kvarctelért harántolt. A hegység É-i és Ny-i peremén *Taba S.* VESZ, *Csörgei J.* MSF (Mesterséges Frekvencia-Szondázó) méréseket végzett. Ezeken kívül földmágneses szelvényezéssel segítették a földtani térképezést és az andezittek kijelölését.

1983-ban a szeizmikus szelvényeket a peremi mélyfúrásokhoz kötötték be (Nb-324, Ny-1), és D-en összekötötték a vonalhálózatot. É-on az andezitfekü kiemelkedését, D felé a vulkanitok lesüllyedését mutatták ki. Folytatódott a Mátra É-i fő gerincének földtani-geofizikai térképezése *Király E.* közreműködésével és a MÉV radiometriai szelvényezésének bevonásával (Balla et al. 1984).

1984-ben a Ny-Mátra–Zagyva-árok és Cserhát felőli peremterületeit vizsgáltuk gravitációval, reflexiós és magnetotellurikus (MT) bekötéssel az ÉK-6 jelű alapszelvényhez (ld. a II. 2.2. szakasz) és a Szirák 2/a mélyfúráshoz. A GP mérések az anomáliák Ny-i lehatárolására és a Gubolaház környéki telérek részletező GP térképezésére irányultak (Pintér, Szalay 1985). *Pintér Anna* és munkatársai gravitációs módszerfejlesztő munkájukban közel 8000 mátrai mérés feldolgozásáról számoltak be. A topografikus hatás számítógépes meghatározását és a Bouguer-anomáliatérkép szerkesztését *Schönviszky László* irányította, a számítógépes szerkesztéseket és az ún. felfelé folytatásokat *Stomfai Róbert* végezte. A korrelációs- és látszólagosság-számítás és -térkép *Kochné Balog A.* és *Pintér Anna* munkája, ő irányította a szűréseket is.

*Varga Géza* MT szondázásokkal kimutatta a D-i összekötő (Ma-9) szelvényen a rétegvulkáni üledékes fekűt és aljzatát is kb. –1000 m mélységben, a Zagy-



va-árokban pedig a nagyfrekvenciás Ma-9a szelvényen *György Lajos* és *Szalay István* bizonyították a mátrai andezitösszlet és a Szi-2a mélyfúrás andezitszintjének összefüggését.

A mátrai fő gerincnek a földtani felépítéséről, rétegtani egységeiről, vulkáni szerkezetéről és tektonikai elgondolásaikról számolt be *Balla, Havas és Verő* (1985).

1985-ben gravitációs, tellurikus (TE), magnetotellurikus (MT) és szeizmikus mérésekkel folytattuk a Ny-Mátra–Zagyva-árok regionális kutatását, emellett részletező GP, földmágneses és nagyfrekvenciás reflexiós mérésekkel vizsgáltuk a szén-pataki GP-anomália területét (*Schönviszky, György, Szalay* 1986).

A regionális Ma-13 reflexiós szelvény a mátrai vulkáni összlet Zagyva-árki aszimmetrikus tektonikus besüllyedését, az üledékek kitöltő jellegű rátelepülését és cserhádi felszínre bukkanását mutatta. Igazolta a Ny-Mátra peremi antiklinálisát és a gyöngyöspatai medencét.

A Zagyva-árok kvalitatív vizsgálatát 150 tellurikus méréssel bővítették (*Nemesi, Varga* 1986). A TE izoareatérkép Buják–Szurdokpüspöki vonalában szerkezeti változást jelzett, a geoelektromos aljzat ettől D-re a miocén vulkanitok felszíne. A Szén-patak környéki részletező geoelektromos-földmágneses mérések eredményeit *Zalai P.* geofizikai-ércföldtani komplexitásban értelmezte (*Zalai* 1986). Összeállításából kitűnik a Bouguer-anomália maximum-, maradékanomália maximumvonulata (gyűrű?), a légi káliumanomáliák, GP-anomáliák, érces fúrások és a patak völgyekben eróziósan feltárt, hidrotermálisan érintett képződmények összefüggése.

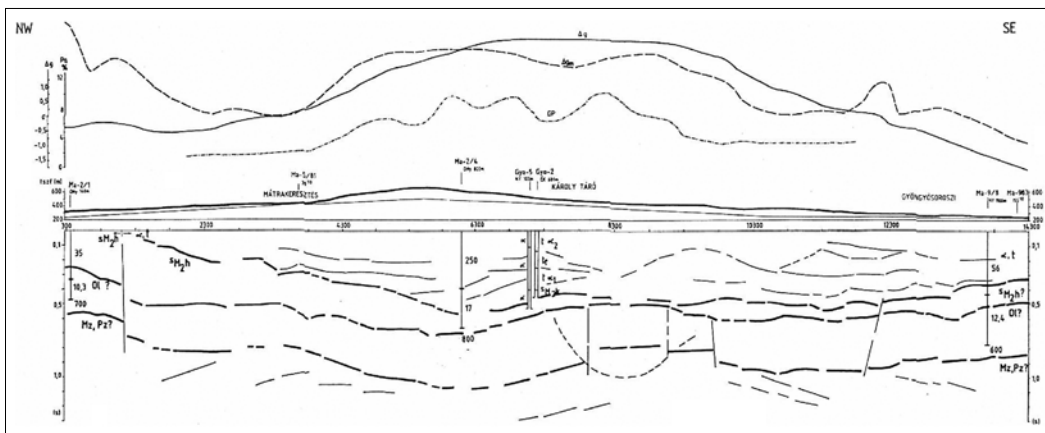
Az érc kutatást vezető *Nagy G.* (MÁFI) adatai szerint a legnagyobb ipari értékű Pb-, Zn-, és viszonylagos Cu-koncentrációt a Gys-12 fúrásban és a már említett Gys-5 mélyfúrásban találták.

Az ötéves kutatási munkáról készült összefoglaló zárójelentés (*Szalay et al.* 1986) az anyag komplex értelmezését, térkép- és szelvény-összedolgozásokat tartalmazza. A geofizika alkalmazási szempontjait és az adatok komplex értelmezését *Szalay I.* ismertette. A Mátra regionális vulkán szerkezeti ismertetését *Balla Z.* és *Szabó Z.* végezte. A gravitációs mérésekről *Pintér A.* és *Schönviszky L.*, a TE és MT mérésekről *Nemesi L.* és *Varga G.*, a szeizmikus mérésekről *György L.* számolt be.

*Balla Zoltán* regionális vulkán szerkezeti elemzését 1:200 000 méretarányú földtani, mágneses és maradékanomália-térképekre, É-mátrai térképezésre, a környéken fellelhető néhány aljzatot ért mélyfúrásra és refrakciós szelvényekre







4-57. ábra. Reflexiós szelvények alapján készített földtani értelmezési vázlat a bevetített mélyfúrások, MT szondázások, Bouguer-anomália- és maradékanomália- ( $\kappa = 1,5$ ), valamint a GP-szelvény menti értékváltozások feltüntetésével

Az É-mátrai térképezéssel Balla 4 paleovulkáni kúp lejtőmaradványait mutatta ki. A Mátra és környéke regionális áttekintésére Szabó-Sárhidai országos maradékanómália-térképét használtuk.

Összefoglaló jelentésünkben az ércesedés és a geofizikai eredmények formális és logikai összefüggéseit vizsgáltuk területileg és szelvények mentén komplex ábrázolásban.

## Irodalom

- Balla Z., Horváth J. (1978): Koncepcióvázlat a Börzsöny–Dunazug, a Velencei-hegység, a Balatonfő- és a Darnó-övezet színesérc-kutatására. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára, MÁFI-27.
- Balla Z. (ELGI), Korpás L. (MÁFI) (1978): A Börzsöny hegység földtani felépítése
- Balla Z., Csillagné Teplánszky E., Csongrádi J., Erkel A., Karas Gy., Király E., Korpás L., Pintér A., Schönviszky L., Szabó Z., Szalay I., Verő L., Viola B. (1979): A Rózsa-hegy–Kurucpatak–Bányapusztai területen végzett ércföldtani kutatások összefoglaló jelentése. (ELGI – MÁFI I. rész)
- Erkel A. (1966): Jelentés a Csereháton végzett komplex geofizikai mérésekről (1964–1965). Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Kx-6
- Erkel A. et al. (1967): Komplex geofizikai kutatás a Csereháton. ELGI Évi Jelentés 1965, pp. 65–102

- Erkel A. et al. (1972): Geofizikai érc kutatás Recsk és a Darnó-hegy körzetében. ELGI Évi Jelentés 1971, pp. 32–39
- Hoffer E. et al. (1971): Komplex geofizikai kutatás a Mátra hegység É-i peremén a Darnó-hegy körzetében. ELGI Évi Jelentés 1970, pp. 29–33
- Kiss J., Gulyás Á. (1994): Az 1992. évi légi geofizikai mérések és értelmezésük, Sárospatak. A Magyar Geofizikusok Egyesületének 23. Vándorgyűlésén
- Lendvai K. et al. (1969): Komplex geofizikai kutatás Recsk és Parád környékén. ELGI Évi Jelentés 1968, pp. 54–57
- Morvai L., Viola B. (1971): Az elvégzett mélyfúrási geofizikai munkák. Recski összefoglaló jelentés, Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Mf-34
- Szabó G. (1966): Összefoglaló jelentés a Tokaj–Szalánci-hegységben a Zempléni dombvidéken és a Bodroghözben 1961-ben és 1964-ben végzett graviméter mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára G-53
- Szalay I., Szénás Gy. (1970): Jelentés az 1969. évi Recsk környéki szeizmikus mérésekről. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Sz-139
- Szalay I. et al. (1971): Összefoglaló jelentés a Recsk és környékén végzett geofizikai kutatásról. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Kx-23
- Szalay I., Szabó G.-né, Verő L., Zsille A. (1973): Összefoglaló jelentés a geofizikai kutatás 1972. évi helyzetéről a Darnó-vonal tágabb környékén. Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára Kx-28
- Szalay I., Verő L., Zsille A. (1974): Geofizikai kutatás a Darnó-vonal ércesedett tektonikai öVESZetében. ELGI Évi Jelentés 1973, pp. 28–30
- Szalay I., Taba S., Verő L., Zsile A., Hegedűs E. (1975): Geofizikai szerkezetkutatás a Darnó-vonal környékén. Az ELGI Évi Jelentés 1974, pp. 29–32
- Szalay I. (1975): A recski kutatási terület szerkezetkutató geofizikai mérései és azok eredményei. Földtani Közöny 105, 724–732
- Szalay I. (1975): A Darnó szerkezeti öv geofizikai kutatásának célprogram tervezete (1976–1985). Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára KFH 2138
- Szalay I., Dudás J., Hegedűs E., Schönviszky I., Taba S. (1976): Geofizikai szerkezetkutatás a Darnó-vonal környékén. ELGI Évi Jelentés 1975, pp. 26–30
- Szalay I., Hegedűs E., Schönviszky L., Taba S., Verő L. (1977): A Darnó szerkezeti öv geofizikai kutatása. ELGI Évi Jelentés 1976, pp. 38–43
- Szalay I., Dienes E., Nemesi L., Schönviszky L. (1978): A Darnó nagyszerkezeti öv geofizikai kutatása. ELGI Évi Jelentés 1977, pp. 34–41
- Szalay I., Zelenka T. (1979): A Darnó-vonal jelentősége É-Magyarország szerkezetfejlődésében. Általános Földtani Szemle 13, 7–3
- Szilárd J. et al. (1966): Komplex geofizikai kutatások a Csereháton. Geofizikai Közlemények XV/1–4, 107–131
- Verő L. (1973): Felszínközeli geofizikai érc kutatás a Darnó-vonal mentén. ELGI Évi Jelentés 1972, pp. 29–32

Verő L. et al. (1981): Összefoglaló jelentés a Recsk D-i területen és környékén végzett geofizikai kutatásokról (1972–1981). Magyar Geológiai Szolgálat Földtani-Geofizikai Adattára

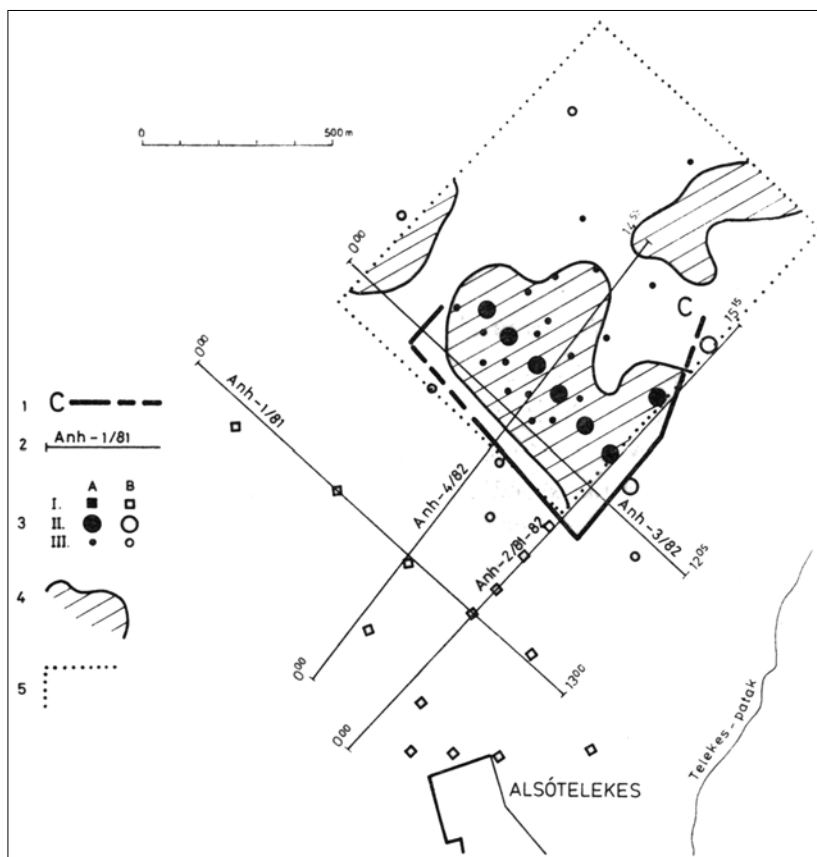
Zelenka T., Kiss J. (2008): The structure of the Recsk Paleogene magmatites from the aspects of geophysical and geological data. In: Geosciences, Recsk and Lahóca Geology of the Paleogene Ore Complex. Proceedings of University of Miskolc, Series A, Mining, Vol. 73

#### **4.3.6. Az Aggtelek–Rudabányai-hegység geofizikai előkutatása (1981–1985)**

A KFH által koordinált MÁFI megbízásból a földtani térképezést is támogató, új geofizikai program szerves folytatása a Darnó-övezet Rudabányai-hegységi szakaszán végzett korábbi kutatásoknak. Az előkutatási feladatokon túl Rudabánya környékén a vasércbányászattal és az újabban előtérbe kerülő evaporit és szulfidos ércel kapcsolatos feladatokat is meg kellett oldani a geofizikai méréseknek. Ezért a térben, célban és módszereiben szerteágazó ELGI mérések hasznosítható eredményeit emeljük ki, ahogy a MÁFI monográfiában az összefoglaló geofizikai részt is ilyen szempontok alapján állítottuk össze (Szalay, Albu 1986). Az összefoglaló a kezdetektől (1938) a teljes jelentés jegyzékét is tartalmazza, 41 melléklettel. „A fiatal medencék aljzatának morfológiája” c. helyszínrajzzal kombinált részletes ( $M = 1:25\,000$ ) térképpel.

1981-ben *Pintér A.* elkészítette a Darnó-övezet környezetében 1973 óta végzett hálózatkiegészítő gravitációs mérések  $2,0$  és  $2,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$  sűrűséggel korrigált Bouguer-anomália- és maradékanomália-térképeit  $M = 1:100\,000$  méretarányban. Szelvény menti  $\Delta T$  méréseket és hatószámításokat végeztek a Varbóc–Tornakápolna környéki mágneses anomálián. Geoelektromos és mágneses méréseket végeztek a Ménes-völgyben és a Kis-Kopolya-völgyben a MÁFI által jelzett ércindikációkon. Ezek inkább a térképezést segítették, a geofizikai paraméterek legfeljebb kevés szulfid ásványt is tartalmazó hematitos ércesedésre lehetnek jellemzőek. Mágneses szelvényezést végeztek az OÉÁ vasérckutató fúrási hálózatán is Szőlőhegy-tetőtől D-re nagy érzékenységgű proton-precessziós magnetométerrel. A vasérc test kimutathatóságának eldöntésére. Megállapították, hogy a Rudabánya környékihez hasonló  $250 \cdot 10^{-6}$  CGS kis szuszceptibilitású vasérc testek akkor mutathatók ki, ha 25 m-nél nem mélyebben települnek, és vastagságuk meghaladja a 10 m-t (Verő et al. 1982).

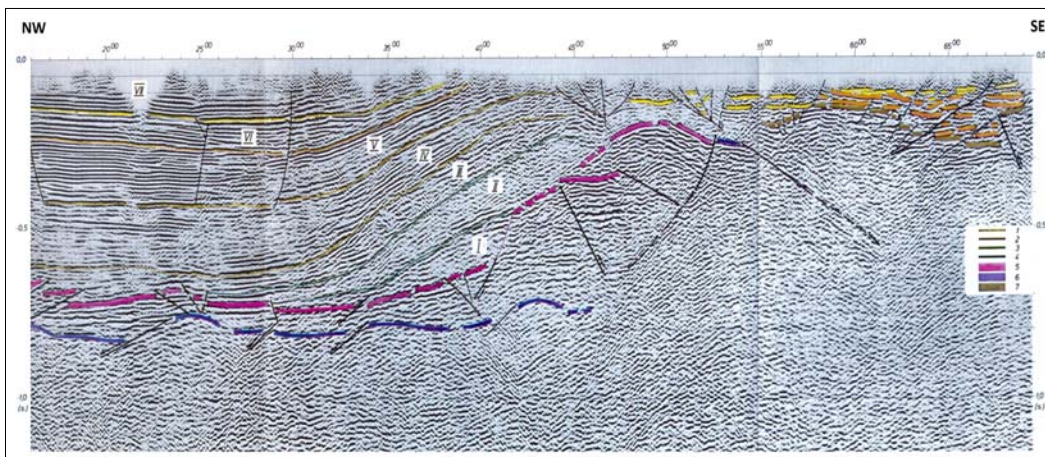
A következő évben folytatták a térképező és mágneses méréseket és a hatószámításokat Tornakápolna, Bódvaszilas, Komjáti, Tornaszentandrás térsé-



4-58. ábra. Az alsótelekesi anhidritkutató geofizikai mérések és fúrások helyszínrajza és eredménytérképe. 1 – az evaporit, legkedvezőbb előfordulási területe és határvonala szeizmikus mérések alapján, 2 – szeizmikus szelvény, 3 – A oszlop: külszíni bányászatra kedvező, B oszlop: külszíni bányászatra nem kedvező, I: 1982 előtti fúrás, II: 1982. évi fúrás, III: 1983–1984. évi fúrás, 4 – a neogén fedővastagsága 50 m-nél kisebb (geoelektromos mérések alapján), 5 – részlevezető geoelektromos mérések területe

gében, de a későbbi ellenőrzőfúrások csak bázisos vulkanitokat, ércmentes diabázt, gabbrót, serpentinitet mutattak ki.

Alsótelekesnél viszont sikerrel jártak az evaporitkutatások a fúrásokkal kimutatott gipszanhidrit-összlet települését tükröző nagyfrekvenciás reflexiós mérésekkel *Albu István* vezetésével, amelyek alapján a nyugodt, vastag, kis mély-



4-59. ábra. Ra-29/84 migrált szeizmikus időszelvény. Sávszűrés: 55–110 Hz. 1 – pliocén, 2 – miocén, 3–4 – paleogén – felső kréta (?), 5–6 – az ÉNY-i egység perm–mezozoós sorozata, 5 – felső szint, 6 – alsó szint, 7 – a DK-i egység paleozoikuma, I–VII – a harmadkori összleten belül elkülönített rétegsorok

ségben emelkedő, külfejtésre alkalmas telepszakaszok irányait jelölték ki. A pannon–miocén fedővastagságot az evaporit és karbonátos alaphegység egyaránt nagy ellenállása alapján geoelektromos térképezéssel, az aljzaton belül az evaporitot fúrásokkal kombinált szeizmikus szelvényekkel kutatták a továbbiakban (Verő et al.1983,1984).

A Darnó-öv és az ózdi medence északi része szerkezeti felépítésének vizsgálatára, valamint szerkezetkutató fúrás előkészítésére mértük a Ra-29 regionális reflexiós szelvényt Rudabányától D-re nagyfrekvenciás technikával, 48 csatornás SD-12 típusú műszerrel és 40 Hz-es geofonokból álló 20 tagú geofoncsoportokkal (Albu et al. 1985). A jól sikerült szelvény, különösen annak nagyfrekvenciásan szűrt változata lehetőséget adott a hegység–medence átmenetet jelentő Darnó-zóna jellegének, a tektonikai mozgások és a paleogén medence üledékképződése időbeli kapcsolatai elemzésére, és némileg a mezozoós–paleozoós aljzat belső szerkezetének megsejtésére.

Albu I. a 47. és esetleg az 50. pontok körüli „tulipánforma” vetők alapján horizontális mozgásokra következtetett. A földtani tervnek megfelelően 1985-ben a szeizmikus és a geoelektromos mérések áttekintése a legközelebbi térképezési lezárásra kerülő Szendrői-hegységre.

## Irodalom

- Verő L., Mártonné Szalay E., Pintér A., Taba S. (1982): Földtani előkutatás az Aggtelek–Rudabányai-hegységben. ELGI 1981. Évi Jelentése, pp. 31–33
- Verő L., Albu I., Nagy E. (MÁFI), Taba S. (1983): Földtani előkutatás az Aggtelek–Rudabányai-hegységben. ELGI 1982. Évi Jelentése, pp. 37–42
- Verő L., Albu I., Nagy E. (MÁFI), Zelenka T. (OÉÁ) (1984): Az Alsótelekes környéki evaporit-előfordulás geofizikai vizsgálata. ELGI 1983. Évi Jelentése, pp. 33–35
- Albu I., Braun L., Szalay I. (1985): Az Aggtelek–Rudabányai-hegység geofizikai előkutatása. ELGI 1984. Évi Jelentése, pp. 29–33
- Szalay I., Albu I. (1986): Az Aggteleki karszt és a Rudabányai-hegység geofizikai előkutatása (a MÁFI földtani monográfiájának geofizikai része). Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, MÁFGBA AD 642 és T 14142.

### 4.3.7. A Bükk hegység és előtereinek geofizikai kutatása (1986–1997)

A Bükk hegység és előtereinek komplex földtani előkutatási programját a (KFH) 1986-ban indította a MÁFI az ELGI közreműködésével.

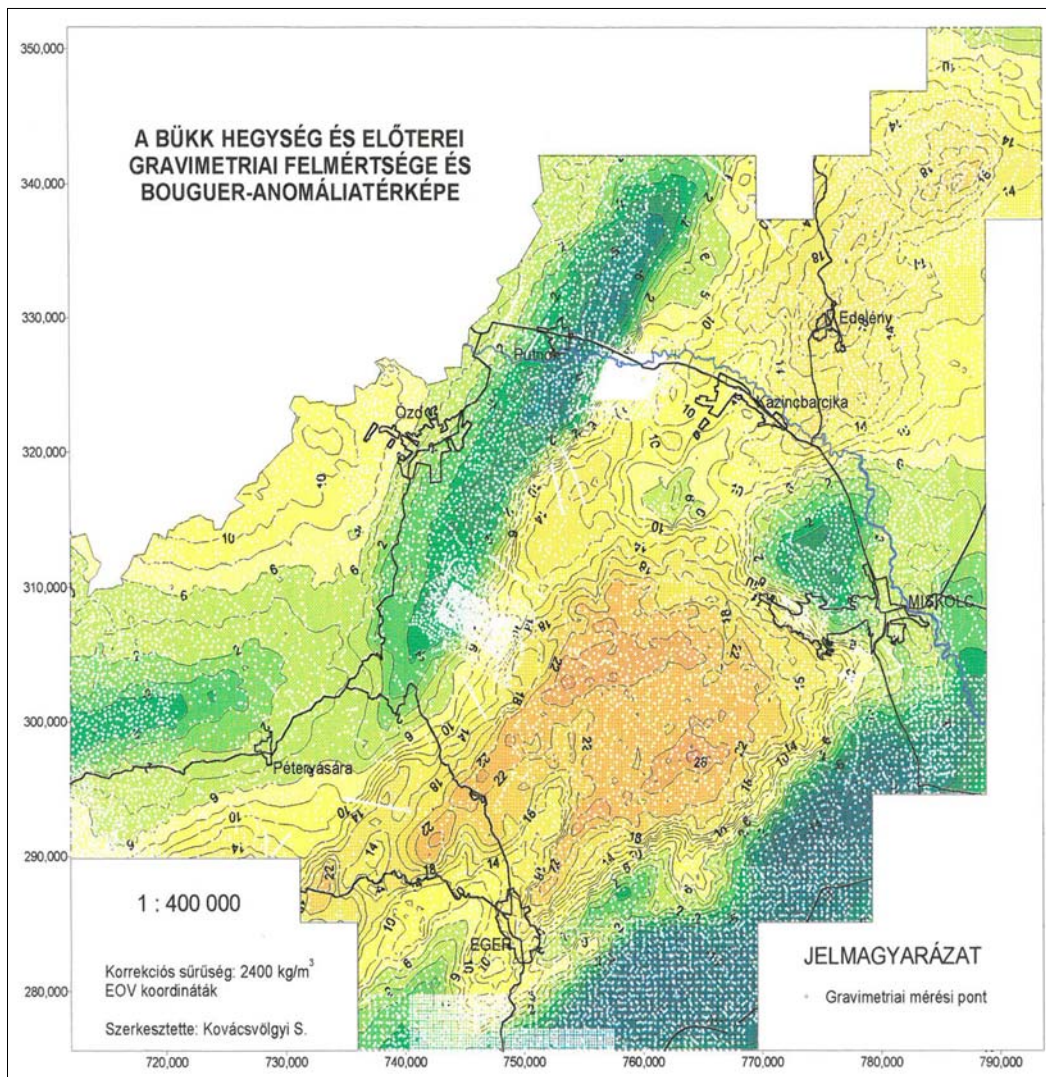
A MÁFI kutatási célja a földtani ismeretesség 25 000-es megkutatási szintre emelése, az előző évtizedben térképezett Aggtelek–Rudabánya és a Mátra között mintegy 3483 km<sup>2</sup> területen alternatív, nyersanyag-kutatási programok megalapozására. A program a hegységterületek térképezésével indult, amely a tervezettnél tovább tartott, ezért a geofizikai részvételt eleve a medenceterületek erőter-térképezésére és főbb dimenzióinak felderítésére terveztük (legfeljebb 100 000-es kondíciókkal). A hegységekben és hegységperemeken a MÁFI felvételei, igényei szerint végeztünk a térképezést támogató, kiterjesztő méréseket és a nagyszerkezeti felderítést célzó harántolásokat.

A geofizikai mérések 1986–1993 között zajlottak. Ezután az ELGI feldolgozásai, összesítési utómunkálatokat végzett a projekt 1997. év végi megszűnéséig.

Zárójelentésben foglaltuk össze az eddigi eredményeket, jelentések és publikációk jegyzékét, az adatbázisba foglalást, a továbbfeldolgozás és összesítés helyzetét, mellőzve a heterogén földtani felépítésű területi jelentésekből kiolvasható részleteinek ismertetését, amelyhez rengeteg térképi és szelvénydokumentáció szükséges (Szalay, 1998).

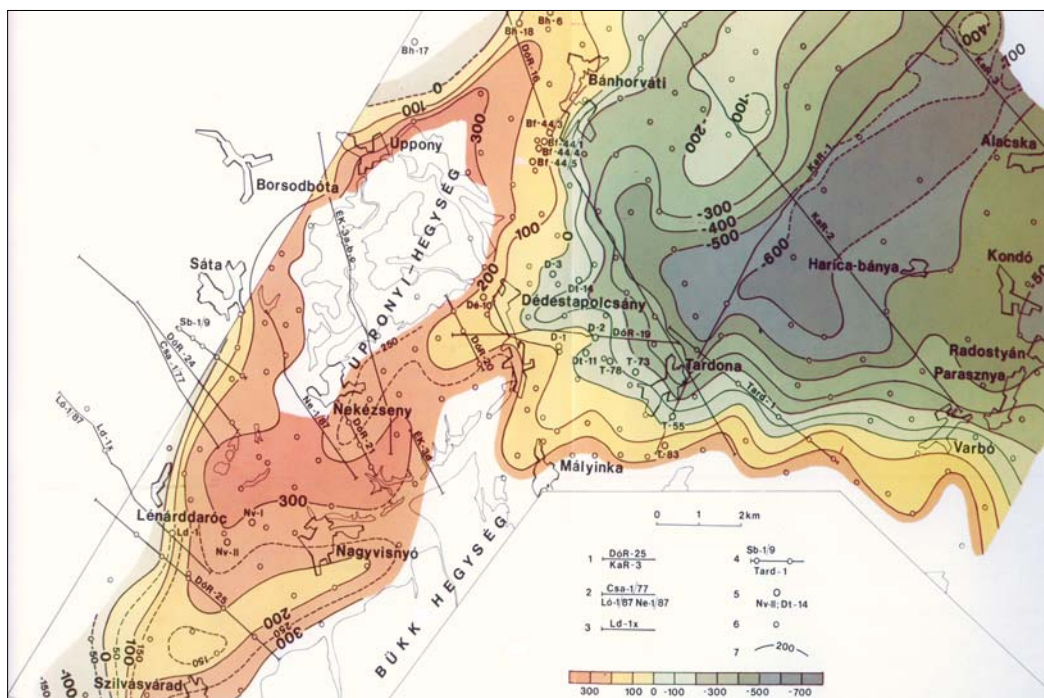
Az első 6 évben az áttekintő regionális geofizikai kutatásra helyeztük a hangsúlyt a fedett területek térképezésének mélységi megalapozása érdekében. Ennek alapján számítógépes adatbázisban gravitációs adatrendszerrel (3-4 pont/





4-60. ábra. A Bükk hegység és előterei gravimetriai felmértsége és Bouguer-anomáliatérképe

km<sup>2</sup>) 25000 és 100000-es méretarányú Bouguer- és maradékanomália-térképekkel rendelkezünk a program egész területén (Kovácsvölgyi, Schönviszky 1991,

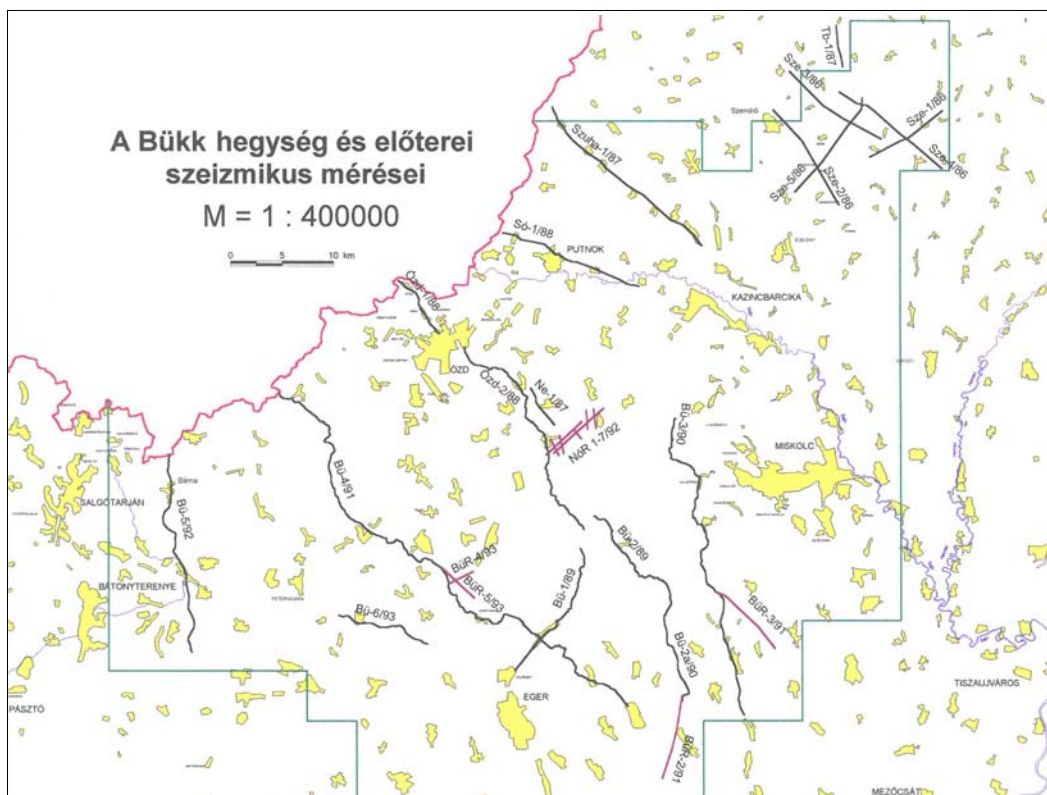


4-61. ábra. Az Upponyi-hegység környékének geoelektromos aljzatdomborzati térképe. 1 – refrakciós vonal, 2 – reflexiós vonal, 3 – MFS + VES vonal, 4 – tranziens + VES vonal, 5 – mélyfúrás, 6 – VES pont, 7 – geoelektromos aljzat tengerszinhez viszonyított mélysége (m)

Szalay et al. 1993). Ezeken kirajzolódik a Bükk két oldalán húzódó alföldi (Vatta-Maklári-árok, az Ózd–Putnoki és a Zagyva-árki) mély medence.

Az ózdi medencében a mérések eredményeként 200 000-es méretarányú tellurikus (TE) izoareatérkép és geoelektromos aljzatdomborzati térkép készült magnetotellurikus (MT) mérések alapján (Madarasi A. 1990). A tellurikus térkép feltehetően a fő iránytól eltérő, kis ellenállású aljzatpásztákat is tükröz, a geoelektromos (MT) aljzatdomborzati térkép az Ózdtól Salgótarján felé 3000 m-re sülyedő medencealjzatot jelez. A hegységszegélyeken 25 000-es ábrázolású áttekinthető aljzatmélységtérképek készültek a meglevő refrakciós, VeSz-fúrási adatrendszereket kiegészítő kis és közép mélységű geoelektromos (VeSz, Tranziens, Maxi-Probe, MFS) mérések alapján (pl. Király 1989).



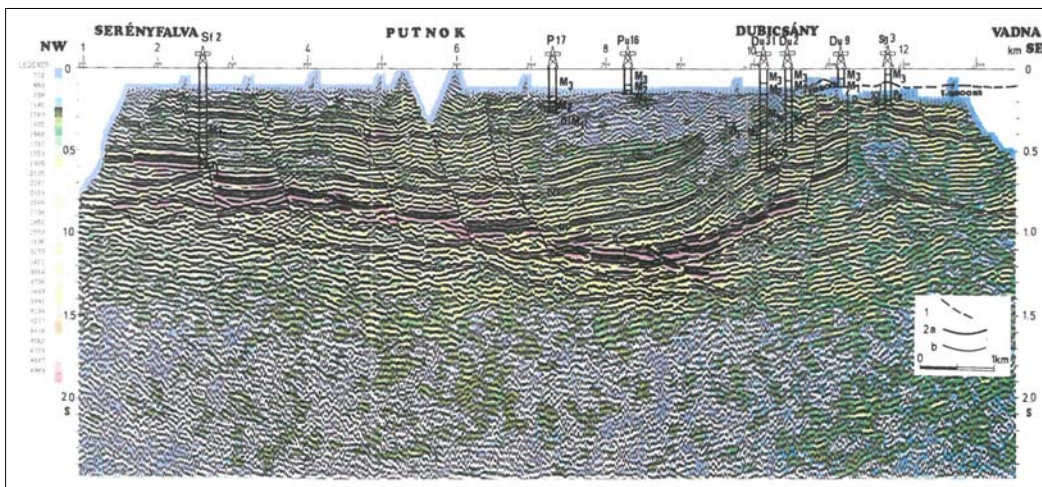


4-62. ábra. A Bükk hegység és előtereinek szeizmikus mérései

A takarós szerkezetű hegységek belső szerkezetét, a Bükkalját és az ózdi paleogén medencét, vibrátoros rezgéskeltésű reflexiók mérésekkel kutattuk.

A vonalak neve a mellett a mérés évszáma lázható. A medenceterületi és az É-i és K-Bükki reflexiós időszelvényeket fúrásos, analógiás, komplex adatok, illetve időtállóknak bizonyuló földtani térképrészek alapján földtani értelmezéssel adtuk ki (ld. a hivatkozásokat 1994-ig). Évi jelentésben is megjelent a Szuha-1/87 (Braun L.) nagy felbontású szelvényrészlete (Szalay et al. 1989) és a Só-1, Ózd-1, Ózd-2/88 szelvény (Szalay, Petrovics 1992).

Két refrakciós (R jelű) vonallal a Bükkalja főbb diszkordanciafelületeit mutattuk ki, és két reflexiós vonallal a Bükkalja–Vatta–Maklári-árok átmenetét vizsgáltuk.



4-63. ábra. Só–1/88 egyesített, migrált, pillanatnyi amplitúdó-időszelvény. 1 – szeizmikus zavarzóna (vető, feltolódás, dinamikus paraméterek korrelálható változásai), 2 – szeizmikus határfelület: a – alaphegység-felszín, b – egyéb határfelület

Térképező sekélyszeizmikus és geoelektromos mérésekkel támogatott Nagyvisnyó és Mónosbél környékén a földtani térképezést a medenceperem ki-jelölésében és az elmélyülés kiterjedésének meghatározásában.

A mérési program lezárása után, 1995–1997 folyamán a felhasználók számá-ra kezelhetőbb, összesítésre alkalmas reflexiós mélység-szelvényekké dolgoztuk át a ProMax programrendszerrel *Gúthy T., Jánváriné Kántor I.* feldolgozókkal, az ózdi–putnoki medencében levő görbe vonalú (slalom line) reflexiós anyagokat, ezek közt más programokhoz tartozó, de korszerű felvételezésű vonalak anya-gát is (Szalay 1995, 1996, 1997). Ezekből és a már meglevő peremterületi aljzat-mélységtérképekből megszerkeszthető az ózdi medence vázlatos aljzattmélység-térképe.

A földtani eredmények közül kiemeljük a Darnó-öv összetett, többlépcsős (feltolódásos) jellegének bizonyítását, a 3500 m-t elérő ózdi medence (Bü-4) – Felső-Zagyva-árok (Bü-5) mélyén eddig ismeretlen alsó paleogén, esetleg fiatal mezozoós rétegsorok előrejelzését a Bükkalján keskeny, 2000 m mély Nosz-vaji-árok és a sokkal nagyobb Vatta–Maklári-árok kimutatását. Mindezek a máig elhanyagolt paleogén medencék CH-perspektíváját jelentik. A mély meden-cékben hiányoznak a mélyfúrások, a tektonikával kiemelt peremterületeken

legalább fél évszázada ismert, de korszerű geofizika nélkül feltárt kőolajmezők (Bükkszék, Demjén, részben Mezőkeresztes) és földgázmező (Fedémes) forrásterületei a medencék. Korabeli előkészítetlenség, technikai és személetbeli okokból a CH-kutató fúrások sorra leálltak az oligocénben a szelvényeinken várható medencealjzat fölött a Bükkalján és Fedémesnél is. Az ózdi medencében a migrációs útvonal a Darnó-vonal felé mutat. A paleogén és fiatal mezozoós üledékképződés centrumai a medencében lepusztulástól és helyenként a tektonikától is érintetlennek látszanak (pl. Szuha-1, Bü-5), ezért az ÉÉK felől DDNY felé lejtő medence 1–3,5 km mélységben lévő rétegsora nem hagyományos CH-kutatásra is ígéretesnek tűnik. A sinrift-postrift tektonikával érintett darnói medenceperemen csapdaképződésre alkalmas szerkezetek valószínűsíthetők.

## Irodalom

- Szalay I., Braun L., Petrovics I., Schönviszky L., Zalai P. (1989): A Szendrői-hegység előkutatása. ELGI 1987 évi jelentés, 35-39.
- Szalay I., Braun L., Petrovics I. (1989): A Bükk hegységi földtani előkutatási program egyes részeredményei. A Szuha-völgye és a Darnó-öv reflexiós szerkezetkutatása. ELGI 1987. Évi Jelentés, pp. 39–41
- Király E. (1989): A Bükk hegység ÉNY-i előterének geoelektromos kutatása. ELGI 1987. Évi Jelentés, p. 42
- Madarasi A. (1990): Észak-Magyarország regionális földtani kutatása. Tellurikus és magnetotellurikus mérések az Ózdi-medencében. ELGI 1988–89. Évi Jelentés, pp. 47–50
- Szalay I., Petrovics I. (1992): Reflexiós mérések az Ózd–Putnoki-medencében. ELGI 1990. Évi Jelentés, pp. 20–27
- Kovácsvölgyi S., Schönviszky L. (1991): Jelentés a Bükk hegység és előterei komplex földtani előkutatási program keretében végzett gravitációs mérésekről. AD.1133
- Szalay I. (1991): Jelentés a Bükk hegységben és a Bükkalján 1990-ben végzett szeizmikus mérésekről. AD.1148
- Szalay I., Kovácsvölgyi S., Madarasi A. (1993): Jelentés a Bükk hegység és előterei 1991. évi geofizikai kutatásáról. AD. 1313
- Szalay I., Braun L., Kovácsvölgyi S., Madarasi A. (1994): Jelentés a Bükk hegység és előterei 1992–1993. és 1994. évi geofizikai kutatásáról. AD.1344
- Szalay I. (1995): Jelentés a Bükk hegység és előterei 1995. évi geofizikai kutatásáról. Reflexiós mélység-szelvények az Ózdi-medencében. AD. 1433
- Szalay I. (1996): Jelentés a Bükk térképezése projekt 1996. évi geofizikai munkáiról. AD. 1500

Szalay I. (1997): Jelentés a Bükk térképezése projekt 1997. évi geofizikai munkáiról. AD. 1654

Szalay I. (1998): Zárójelentés a Bükk hegység és előterei geofizikai kutatásáról 1986–1997. AD. 1679

## 4.4. Kisalföld geofizikai kutatása

*Nemesi László*

### 4.4.1. A Kisalföld geofizikai kutatásának összefoglaló áttekintése

A Kisalföld 1:100 000-es, 1:500 000-es méretarányú regionális – állami finanszírozású – a Magyar Állami Földtani Intézettel (MÁFI) közös kutatási programja 1982-ben kezdődött, a komplex geofizikai kutatások témacsoportvezetője *Hobot József* volt. A terepi munkák a 90-es évek elején befejeződtek. A kutatások geofizikai eredményei *Geophysical Transactions* 39/2–3. számában, 1994-ben jelentek meg. A MÁFI a geofizikai eredményeket is tartalmazó 1:100 000-es méretarányú térképlapokat digitális formában előállította, és ezek közül néhány lap nyomtatott album formájában is megjelent. Az ELGI mérnök-geofizikai szondázásainak eredményeit elsősorban ezekben az utóbbi térképekben hasznosították.

Az 1980-as évek elején a Kisalföld általános földtani ismeretessége lényegesen kisebb volt, mint általában az ország más tájegységeié. Ez annak ellenére így volt, hogy a medence permterületein, a részletes szén- és bauxitkutatások eredményeként jelentős ismeretanyag gyűlt össze, és a mélymedence területén is az 1930-as évektől több hullámban meg-megújuló szénhidrogén-kutatás folyt. Egy-egy szeizmikus-magnetotellurikus földtani alapszelvény a mélyszerkezeti viszonyokról is sokmindent feltárt, sőt az állami kutatásokkal egy időben a neogén üledékes összlet kutatására koncentráló olajipar (OKGT, majd későbbi nevén a Magyar Olajipari Részvénytársaság, MOL Rt.) elsősorban modern szeizmikus mérésekkel és elektromágneses frekvenciaszondázásokkal végzett ismételt kutatásokat a területen. Időközben számos szénhidrogén-kutató fúrás is mélyült, de említést érdemlő lelőhelyet nem találtak. Az eredmények értelmezéséhez, a medenceanalízishez szerződést kötöttek az USA Geológiai Szolgálatával (USGS) is.

A rendelkezésre álló ismeretanyag birtokában az alábbi kérdésekre kellett választ adni:

- Elsősorban a felszíntől számított 500–600 m mélységtartomány ismerete nem volt kielégítő. Ezen belül is Európa egyik legnagyobb édesvíz-tároló dunai hordalékkúpjához vitákra okot adó sok tisztázatlan kérdés kapcsolódott.
- Másodsorban kutatási problémát okozott a felszínhez közeli rétegsor a 0–50 m-es mélységtartományának ismerethiánya. A környezet-, a természet-, a vízvédelem, a területfejlesztés (az új nagy létesítmények, mint vízilépcső, autópálya, szeméttelep stb.) tervezésénél érintett mélységintervallum. Az a tartomány, amelyre országos viszonylatban jellemző, hogy bár átlagosan 1 km<sup>2</sup>-re esik egy vízádó kút, ezek geológiai rétegsora, a harántolt képződmények fizikai paraméterei teljesen megbízhatatlanok, mivel jó esetben a fúrómester csak szemrevételezéssel írta le a geológiai rétegsorát, és karotázsvizsgálat 50 m-nél sekélyebb fúrásban nem volt. Ugyanakkor a műtrágyázás, az ipari tevékenység és más környezeti ártalom miatt veszélybe kerülhet az ivóvíz minősége, ha ebben a felső összletben nincs pl. egy jelentős vízzáró agyagréteg.
- Harmadsorban hiányosak voltak azok a mélyszerkezeti ismeretek is, amelyek az olajipar érdeklődésén túl estek, a 4-5 km-nél nagyobb mélységek. A Dunántúli-középhegység és É-i peremvidékén több ponton észlelt aljzati kis fajlagos ellenállású képződmények. A kéreg, a felső köpeny nagyszerkezeti viszonyai, amelyek ismerete a tudományos igényeken túl nélkülözhetetlen alapadatokat képez a földrengés-biztonsági és a geotermikus viszonyok tisztázásához.

Mindezeknek különleges aktualitást adott a bős–nagymarosi dunai vízlépcső tervezése. A kutatási feladat első pillanatra nagyon hasonlónak tűnik, mint csaknem 20 évvel korábban az Alföld egységes kutatási programja. Ez azonban sokkal szervezettebben, a szükséges, a lehetséges és a megoldható feladatok konkrét tapasztalatokon alapuló, sokkal világosabban megfogalmazott részfeladatok és célok kitűzésével indulhatott. A MÁFI és az ELGI együttműködése szinte tökéletes volt, és a finanszírozó Központi Földtani Hivatal (KFH) szintjén pontosan egyeztették az olajipari kutatások területeit, módszereit és mélységintervallumát. Így a különböző intézmények kutatásai ideálisan egészítették ki egymást.

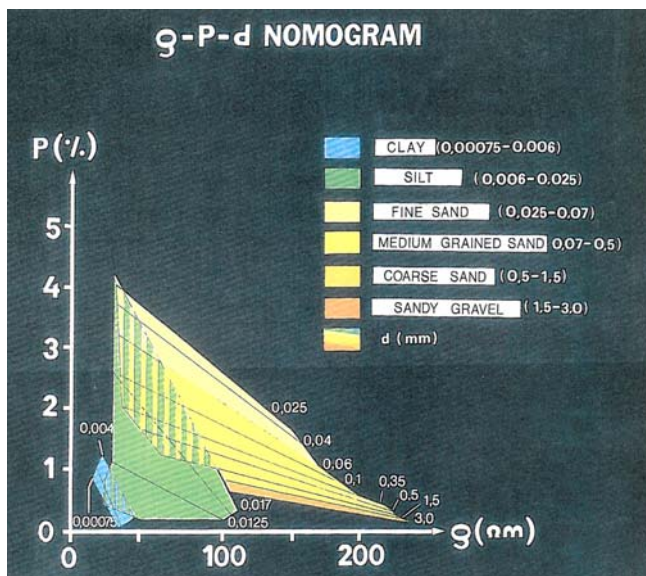
#### **4.4.2. A felszínközeli kutatások**

Az ELGI felszínközeli kutatásait a mérnök-geofizikai szondázások (MGSz) jelentették.

Az átlagosan 2,5 km-es, közel szabályos hálózatu MÁFI fúrásokkal kutatott területen 5–8 km-es szelvénytávolságú, a szelvényeken 500–800 m-es ponttávolságú MGSz méréseket végzett az ELGI a 10 m-es mélységtartományban. Összesen 1758 ponton 18578 folyóméter szondázással egészítve ki a MÁFI fúrásokat. A kislétföldi MGSz szelvényháló az ELGI 1987. *Évi Jelentés* 33. oldalán látható. A kutatások részletesebb ismertetése az 5.2.1.1. pontban található.

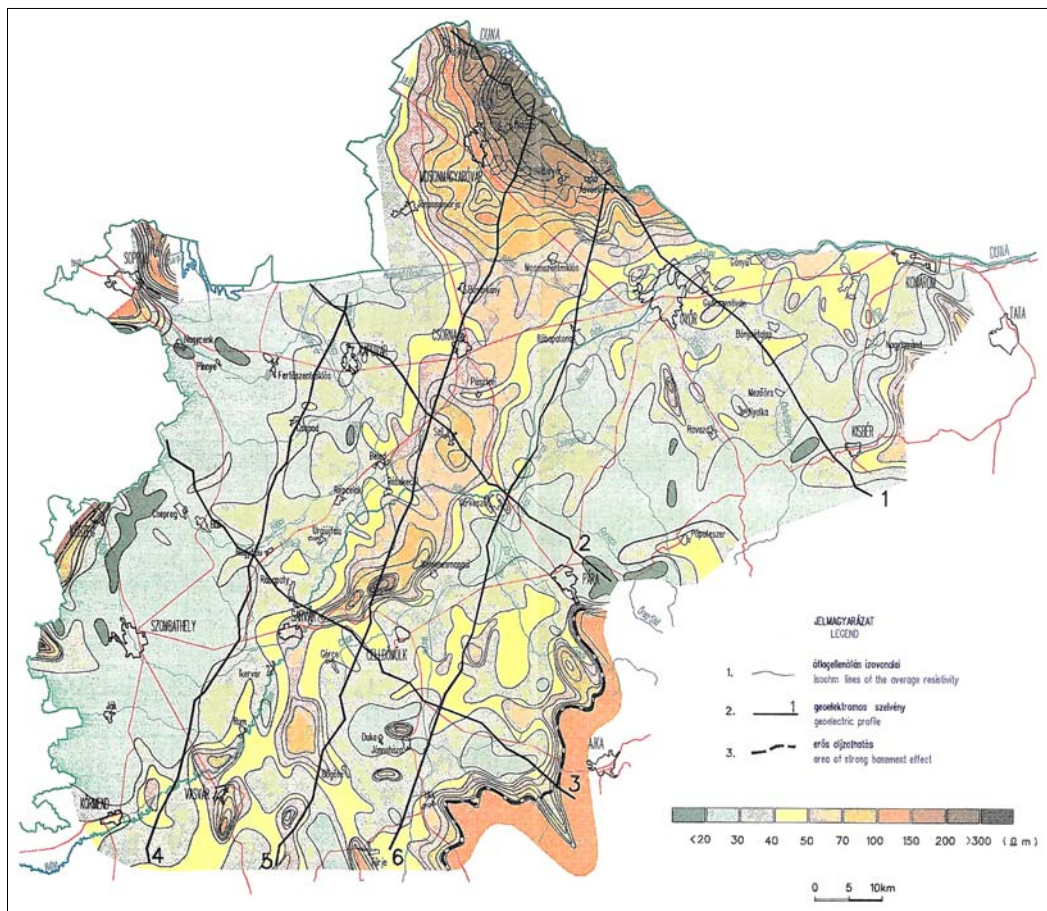
#### 4.4.3. A középnyélségű kutatások

A kislétföldi közepes (100–500 m) mélységbeni összletek regionális vizsgálatait *Hobot József*, *Draskovits Pál* és *Dudás József* a vertikális elektromos szondázás (VESZ) és a gerjesztett polarizációs (GP) módszerekre alapozták, de a módszereket nemcsak a hagyományos módon alkalmazták, hanem számos új ötlettel, metódussal tették színessé, eredményessé a kutatásokat. A módszertani kihívásokat a földtani felépítés jelentette. Ugyanis a fiatal, főleg kvarter és felső pan-non korú beltavi, folyóvízi üledékek rendkívül gyors horizontális változásúak, míg fentről lefelé az átlagos szemcseméret folyamatosan csökken. Ez a felépítés nem kedvező, réteghatárok kimutatására alig ad lehetőséget. Az új módszertani megoldások azonban jelentősen növelték a kutatások eredményességét. A szá-



4-64. ábra.  $\rho$ - $P$ - $d$  diagram. ( $\rho$  – fajlagos ellenállás;  $P$  – polarizálhatóság,  $d$  – szemcseátmérő)





4-65. ábra. Átlagellenállás-térkép. (A térkép a felszíntől kb. 500 m mélységig jelzi a Duna és a Rába folyó durva kavicsos hordalékát)

mos apró ötlet és fejlesztéssorozat lényegében három, rutinszerűvé tett kérdés-körben fogalmazható meg:

- a számítógépes kiértékelés és adatrögzítés bevezetésével,
- a vastagsággal súlyozott átlag- és intervallumellenállás-térképek szerkesztésével,
- a fajlagos ellenállás, polarizálhatóság, szemcseátmérő-nomogramok megalkotásával és ezek alapján a litológiai változások térképezésével.

Ezek a módszertani újítások sorsdöntő jelentőségűek voltak a kisalföldi kutatásokban, de ennél sokkal többet is jelentenek, mert ezek a módszerek minden hasonló földtani felépítésű medencében eredményesen alkalmazhatók, amit ezt számos külföldi munka, szimpóziumi előadás, tudományos cikk, PhD disszertáció (*Draskovits Pál*) is bizonyítja. A kutatások eredményeként tucatnyi térkép készült. A helyszűke miatt példaként idézünk egy átlagellenállás-térképet (4-65. ábra), amely a felszíntől 500 m mélységig terjedő összletre érvényes, és amely kitűnően érzékelteti a Duna és a Rába durva kavicsos, hordalékát, ami e térséget Európa egyik legnagyobb édesvíz-tározójává teszi.

#### 4.4.4. Aljzat- és kéregszerkezeti kutatások

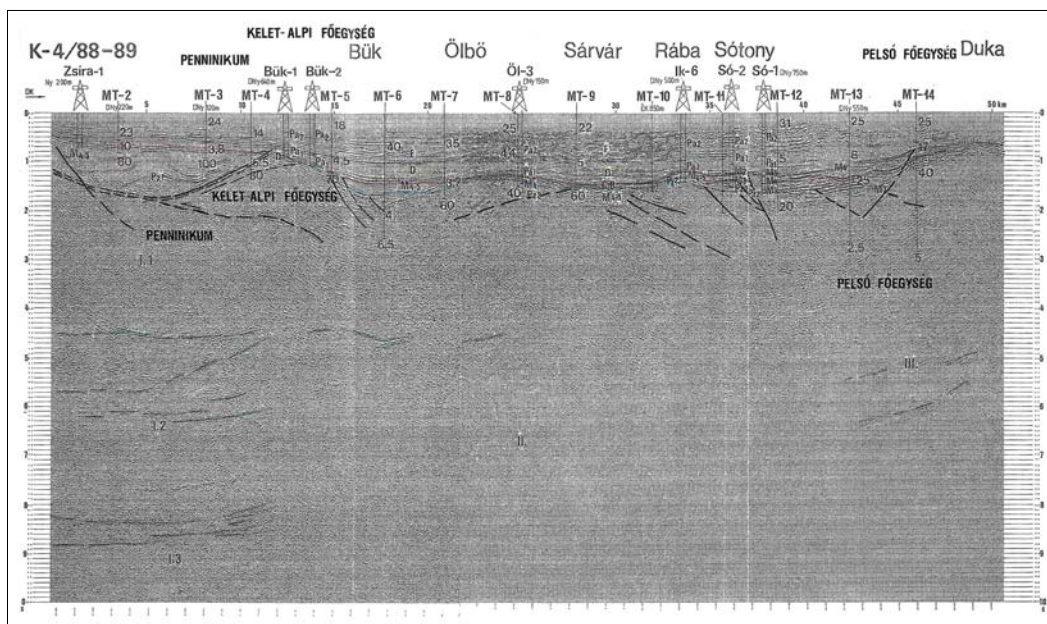
Az ELGI kisalföldi mélyszerkezet-kutatási programja keretében 2000 tellurikus pontot mért le, 224 magnetotellurikus szondázást hajtott végre, és 224 km összhosszúságú reflexiós szelvényt mért le, amelyek a kéreg – felső köpeny vizsgálatát is lehetővé tették. Az egész terület komplex értelmezéséhez gravitációs és földmágneses digitális adatbázisokat is létrehoztak, ezeken is újabb vizsgálatokat végeztek a korábbi geofizikai mérések figyelembevételével.

A legfontosabb eredményeket az alábbiakban foglalhatjuk össze:

- 1) Elkészült 6000 km<sup>2</sup>-nyi területről az egységes tellurikus térkép, a szerkezeti irányokat is jelző anizotrópiaellipszisekkel. (*Csörgei József, Nemesi László* munkája). A térkép az MTA GGKI Sopron környéki méréseit is tartalmazza.
- 2) A magnetotellurikus szondázások leglényegesebb eredménye az évtizedekkel korábban már feltételezett, de még az 1980-as években is firtatott (USGS, *Teleki Pál*) Rába-vonal egyértelmű kimutatása. A nagyszerkezeti vonaltól É, Ény-ra a medencealjzat paleozoós kristályos, míg ettől D, DK-re mezozoós karbonátos, de ebben elektromosan vezető képződmények is vannak. (*Varga Géza, Milánkovich András* munkája).
- 3) A tellurikus és magnetotellurikus mérésekből, illetve ezek kombinációjából számos térkép született. Így az üledékes összlet átlagos fajlagos ellenállása, az aljzat fajlagos ellenállása, az aljzat mélysége, a tellurikus vezetőképesség-térkép területi értelmezése.
- 4) A reflexiós szeizmikus mérések legfontosabb céljai:

A neogén medence aljzatának kimutatása, a kelet-alpi főegység és a pelsói főegység mélybeli kapcsolatának és a neogén aljzat belső szerkezetének vizsgálata, valamint a neogén medenceüledékek nagy szeizmosztratigráfiai





4-66. ábra. A K-4/88-89 reflexiós szeizmikus szelvény Zsirától Dukáig

egységeinek meghatározása. A méréseket 11 t csúcserőjű Failing Y típusú vibrátorokkal végezték 8–83 Hz-es frekvenciasávban. A felvevő műszer DFS V/Cs 2502 volt, amely 12 s-ig regisztrálta a 24×100%-os fedésszámú méréseket. Az eredményeket a K-4 jelű szelvénnel érzékeltethetjük. A kutatásoknak talán leglényegesebb új eredményei a kéregszerkezetre vonatkoznak, amelyek 2 és 10 s közötti tartományban láthatók. A szeizmikus értelmezés *Pápa Antal* munkája, felhasználva a Földtani alapszelvény program témafelelősi, *Ráner Gézának* és *Tátrai Mariannak* a kutatási eredményeit is.

- 5) A gravitációs és földmágneses mérések újrafeldolgozása, újraértelmezése. A Kisalföld és a földtani alapszelvényprogramokban kapott szeizmikus és magnetotellurikus eredmények alapján felülvizsgálták a korábbi hatószámításokat és értelmezéseket, és elkészült a gravitációs és mágneses adatok új feldolgozása és értelmezése, ez *Kovácsvölgyi Sándor* munkája volt.

## Irodalom

Gephysical Transactions 39/2–3.

## 4.5. A Nemzetközi DANREG Program

*Nemesi László*

### 4.5.1. A DANREG Program

A Duna menti országokban a vízlépcsőépítés gondolatának csaknem évszázados múltja van. A XX. század második felében, főleg német és osztrák területeken pedig több is épült. A Pozsony és Nagymaros közötti szakaszon építendő lépcsőről az 1950-es évektől folytak egyezkedések, előzetes tervezések, vízügyi szakemberek, kormányok közötti tárgyalások. Az 1980-as évek elejétől a vízügyi és földtani szakemberek előtt is világossá vált, hogy egy Pozsony alatti és egy Nagymaros környéki vízlépcső építése a közeljövőben realizálódni fog.

Az ELGI szempontjából ennek legbiztosabb jele éppen az volt, hogy a *Jósa Ernő* vezette Mérnökgeofizikai Osztály a VIZITERV-től tucatnyi megbízást kapott a tervezett objektumok altalajának vizsgálatára mind magyar, mind szlovák oldalon. Főleg geoelektromos ellenállásméréssel és mérnök-geofizikai szondázásokkal végzett vizsgálataik adtak támpontot a nagy létesítmények alapozási mélységének meghatározásához, a Dunába torkoló folyók árvízvédelmi gátjainak megerősítéséhez, a nagymarosi gát tervezett helyén a Dunán a meder földtani felépítéséről stb.

A duzzasztóművek építésének legfontosabb célja a hajózás biztosítása kisvíz idején, a vízlépcsőknél elektromos erőművek létesítése és árvízvédelmi szempontok. Nem tartozik az ELGI történetéhez, hogy ennek a tervnek szakmai és gazdasági célszerűségén mennyi szakmai, politikai vita, sőt a Hágai Nemzetközi Bíróságon még pere is zajlott, de senki sem vitatta, hogy a földtani környezetbe történő jelentős beavatkozáshoz megfelelően kellene ismernünk a földtani viszonyokat. És nemcsak a felszínit, vagy Európa egyik legnagyobb ivóvíz-tározójának, a Szigetköz–Csallóköz dunai hordalékkúpjának paramétereit, hanem még a mélyszerkezeti viszonyokat is, ami nélkül az építmények földrengéskockázat-vizsgálata aligha végezhető el.

A magyarországi földtani kutatások irányítói elsősorban ezért indították 1982-ben az ún. Kisalföld programot, amely a geológiai, geofizikai ismeretek összegyűjtését, kiegészítését, a hiányok pótlását és az 5–6000 km<sup>2</sup>-nyi terület egységes értelmezését, az adatokhoz való hozzáférés lehetőségét volt hivatott biztosítani. Igen ám, de amikor a szlovák–magyar határ mentén egymáshoz illesztették a mindkét országban létező, elvileg azonos tartalmú, alig egy évtizede készült

térképeket, még a felszíni geológiai térképeken sem egyeztek sem a képződmények, sem a szerkezeti vonalak. (Ez utóbbiak néha még egymásra merőlegesek is voltak.) Összeegyeztethetetlenek voltak a klasszikus geofizikai (gravitációs és földmágneses) térképek is, noha a felmértség mindkét országban hasonló volt. Ezek összedolgozásához pl. a bázishálók összemérése volt az egyik feladat. Egy másik pl. a mágnes méréseknél, a különböző érzékenységgű földi és légi műszerekkel végrehajtott mérések átszámítása. Még ellentmondásosabbak voltak a mélyszerkezeti ismeretek.

Mindezek miatt a Szlovák és a Magyar Tudományos Akadémiák Földtudományi Osztályai 1989-ben felvetették a határ menti földtani, geofizikai ismeretek összedolgozásának igényét. Ennek következményeként 1990-ben e munkák elvégzésére megállapodást kötött a szlovák Állami Geológiai Intézet (Štátny Geologický Ústav Dionýza Štúra, ŠGÚDŠ) és a magyar Központi Földtani Hivatal (KFH). A megállapodáshoz később, de még ebben az évben csatlakozott az osztrák Geológiai Szolgálat (Geologische Bundesanstalt, GBA) is. A munkában magyar részről a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) vett részt. A végrehajtandó program a DANREG nevet kapta.

A mintegy évtizeden át tartó munkák szervezésére, az egyes munkacsoportokban folyó tevékenység nyomon követésére, áttekintésére országonként 2-3 geológusból és geofizikusból álló Koordinációs Bizottság alakult, amely negyedévente tekintette át a munkák állását, és lépéseket tett az előrehaladást hátráltató akadályok leküzdésére. Egy évtized alatt e bizottságban változások álltak be, részben természetes okokból (nyugdíjazás, haláleset), részben azért mert erre az időszakra esett Szlovákiában és Magyarországon is a rendszerváltás, ami intézmények átalakulásával, leépítésével, illetve részben megszűnésével, privatizációjával járt. Legtöbbször a Koordinációs Bizottság szlovák geofizikus tagja változott. Kezdetben *Dusan Obernauer*, később *Peter Dzuppa*, végül *Jozef Hricko* (mindhárman a Geofysika Bratislava igazgatóhelyettesei) voltak, akik ebben a minőségükben is váltották egymást. Osztrák részről *Wolfgang Seiberl*, a Bécsi Egyetem Geofizika Tanszékének tanszékvezető professzora, a Geologische Bundesanstalt főgeofizikusa, magyar részről *Nemesi László*, az ELGI tudományos főmunkatársa volt.

A Bécs–Pozsony–Budapest térségét is tartalmazó, mintegy 20000 km<sup>2</sup>-nyi területre kiterjedő, geológiai, geofizikai térképsorozat előállítására és magyarázóinak elkészítésére, 15-16 – az egyes szakterületek specialistáiból álló – munkabizottság alakult.

Munkacsoportok, amelyekben ELGI-s kutató is közreműködött:

*A gravitációs munkacsoport tagjai:*

- osztrák részről: B. Meurers (Leobeni Egyetem)
- szlovák részről: J. Sefara (Pozsonyi Egyetem), T. Grand, J. Mikuska, V. Szalaiova, M. Pivovarci (Geofizika Bratislava)
- magyar részről: Szabó Z., Kovácsvölgyi S., Páncsics Z., Csapó G., Schönviszky L. (ELGI).

*A földmágneses munkacsoport tagjai:*

- osztrák részről: W. Seiberl (Bécsi Egyetem), G. Oberlercher, R. Arndt (GBA)
- szlovák részről: M. Filo, P. Kubes (Geofizika Bratislava)
- magyar részről: Kovácsvölgyi S., Schönviszky L., Páncsics L. (ELGI)

*A kvarterkutatás geofizikai munkacsoportjának tagjai:*

- szlovák részről: H. Tkačová, S. Medo, P. Hladik (GEOCOMPLEX, a Geofizika Bratislava privatizációjából született cég).
- magyar részről: Draskovits P., Dudás J., Hobot J., Sörös L. (ELGI)
- osztrákok ebben a munkában nem tudtak részt venni.

*A mélyszerkezeti munkacsoport tagjai:*

- szlovák részről: J. Sefara, I. Hrusecky (Pozsonyi Egyetem Geofizika Tanszéke, illetve Geofizika Bratislava).
- osztrák részről: W. Seiberl és R. Arndt
- magyar részről: Kovácsvölgyi S., Nemesi L., Páncsics L., Szabó Z., Szeidovitz Gy. és Varga G.

A fő szervezők a munkák indulásakor egy 1:100 000-es méretarányú felszíni geológiai térképet és 16 db 1:200 000-es méretarányú térképet terveztek, amelyekből 3 lett volna geofizikai, egy gravitációs Bouguer-anomália-, egy földmágneses és valamilyen geoelektromos térkép. A geofizikusok hamar rájöttek, és ezt el is tudták fogadtatni a szervezőkkel, hogy a geofizika ismert, vagy még az adott körülmények között finanszírozható eredményei nélkül aligha készülhetek volna hiteles földtani, mélyszerkezeti, hidrogeológiai stb. térképek. Gondoljunk csak egy pannon fekvő térképre, amelyhez a teljes szlovák területen mindössze 3 fúrásból volt információ, de ugyanakkor jelentős mennyiségű reflexiós szeizmikus mérés volt a Csalólközben is.

Végül a geofizikus munkacsoportok 6 gravitációs, 1 földmágneses, 6 középmélységű (felszíntől 500 m-ig), a dunai hordalékkúpot is jellemző geoelektromos térképet és 3 mélyszerkezeti térképet szerkesztettek. Ezek meg is jelentek a *Geophysical Transactions* 41. évfolyamának 3–4. különszámában, 1997-ben. Mindezekben az eredményekben az ELGI-nek kiemelkedő szerepe volt. A 15 geofizikai térkép között csak 2 volt, amelyet nem ELGI-s geofizikus szer-

kesztett, de valamennyi az ELGI számítógépes bázisából és a fenti ELGI kiadványban jelent meg nyomtatásban. A szöveges magyarázók döntő hányada is az ELGI geofizikusok tollából született, és főként *Verő László*, részben *Szabó Zoltán* angol nyelvű fordításában láttak napvilágot.

Az összefoglaló geológiai kiadvány a bécsi Geologische Bundesanstalt 1999–2000. évi jelentésében található, amely osztrák pénzből készült el, de a MÁFI szervezésében Magyarországon nyomtatták ki. Ebbe eredetileg 3 db 1:200 000-es méretarányú geofizikai térképet szándékoztak beletenni, 3 db A0 méretű lapon. Az ELGI geofizikusainak azonban sikerült olyan kompromisszumos javaslatot elfogadtatni, hogy a nyomtatási költségek növelése nélkül 3 térkép helyett 9 jelenhetett meg. Ugyanis csak a gravitációs Bouguer-anomáliatérképet nyomtattuk ilyen méretarányban az egyik, nekünk szánt lapra, a másik kettőre éppen elért 4-4 db 1:500 000-es méretarányú térképünk. Ezért a második lapunkon a földmágneses anomália-térkép, „az üledék gravitációs hatásától megtisztított gravitációs térkép” (a földköpeny-anomáliát emeli ki), a „gravitációs lineamens-térkép” (a szerkezeti vonalakat emeli ki), és a magnetotellurikus mérések eredménytérképe látható. A harmadik lapon a pretercier aljzat mélységtérképe, a pannon fekvő mélységtérképe, a kvarter képződmények vastagságtérképe és a felső, mintegy 80–100 m vastag összlet látszólagos fajlagos ellenállásának térképe látható.

A legjelentősebb eredmények:

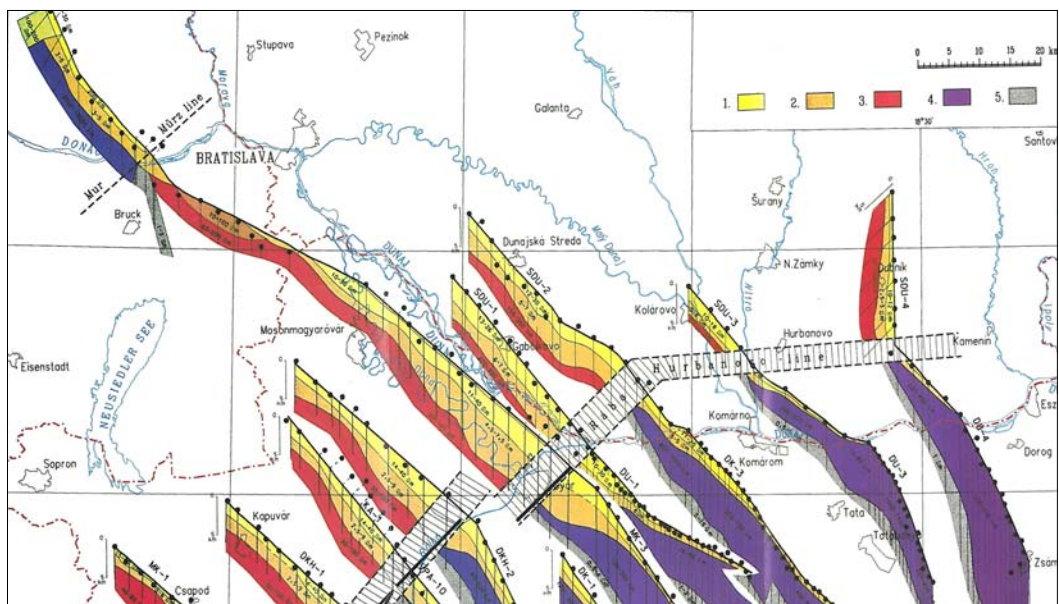
- Az egyik feltétlenül a Duna csallóközi és szigetközi hordalékkúpjának térképezése. Európa egyik legnagyobb édesvíz-tározójáról és egy felszíni folyómedrekkel keresztülhálózott különleges természeti környezetről van szó, amely a Duna vizének szigetelt – a bősi vízilépcsőhöz vezető – csatornában történő átVESZetése következtében a vízutánpótlás, a talajvíz-szint mélybeli áramlási viszonyok évmilliók során kialakult rendszerének drasztikus megváltoztatásával jár. A hordalékkúp teljes vastagságát is csak becsülni tudták, hisz akár a magyar oldalt, akár a szlovák oldalt nézzük, a két nagy dunai sziget 1000 km<sup>2</sup> nagyságrendű területén, mindössze alig 5-6 olyan fúrás mélyült, amely a vízbázis tárolására alkalmas teljes kvarter összletet harántolta. A DANREG program keretében az ELGI és a Geofizika Bratislava (privatizációja után Geocomplex) kutatóinak együttműködése során egyenáramú geoelektromos szondázásokkal és gerjesztett polarizációs mérésekkel részletesen felmérték a Csallóközt is. A Kisalföld programban korábban felmért Szigetközben jelentős sűrítést hajtottunk végre, és elsősorban *Draskovits Pál* és *Helena Tkačová* tevékenységének – a mérési

eredmények egységes, ELGI számítógépes programokkal történő feldolgozásának – köszönhetően láthatott napvilágot egy 6 térképből álló sorozat, amelynek itt egy tagját a kvarter korú összletek vastagságtérképét mutatjuk be. Ezen jól látható a porózus (víztartó) összlet minden korábbi várakozást felülmúló vastagsága, a víztároló képződményeknek Szigetközön, Csallóközön túli, minden irányban történő kivékonyodása, illetve a Rába-hordalékkúp csatlakozása a Duna-hordalékokhoz a térkép DNy-i szegélyénél (ld. *Geophysical Transactions* 1997, 41/3–4, 136. o., 6. ábra)

- A másik kiemelhető eredmény a térség két legjelentősebb nagyszerkezeti vonalának a Rába–Hurbanovo–Diósjenő és a Mur–Mürz-vonalnak a magnetotellurikus kutatása. Ebben a munkában az ELGI magnetotellurikus mérései nyomozták tovább szlovák területen a Rába-vonalat, és bizonyították be, hogy az a Hurbanovói-vonalban, majd ismét magyar területre érve a diósjenői nagyszerkezeti vonalban folytatódik. Osztrák területen, a Bécsi-medencét lezáró Mur–Mürz-vonalon is az ELGI magnetotellurikus mérései arattak elismerést, a törésvonal 20 km-es mélységig történő feltárásával. Ezek az eredmények láthatók a következő térképmellékleten. E két nagyszerkezeti vonalhoz tartozó vezetőképesség-anomália léte, a szerkezeti vonalak helye, lefutása megkérdőjelezhetetlen, még akkor is, ha az újabb, modernebb feldolgozási eljárások után az értelmezés részletkérdéseiben a kutatók véleménye eltérő.

A DANREG együttműködés, amelyet az irodalomjegyzékben is látható két kiadvány dokumentál, világviszonylatban is ritkaság, talán egyedülálló. Egyrészt azért, mert a földtan és a geofizika XX. század végi ismereteinek teljes spektrumát átfogja. Másrészt ritkaság a geológus-geofizikus szakemberek ilyen volumenű összefogása, amikor azt kizárólag a tudomány érdekében, és az állami kutatási költségekből (és nem valamilyen nagy nyersanyagkutató-termelő cég, jelentős és gyors hasznot remélő anyagi forrásaiból) finanszírozzák. Az eredmények értékét tovább növeli az a tény, hogy Szlovákiában is és Magyarországon is a DANREG téma kellős közepén történt a rendszerváltozás, aminek következtében az állami földtani kutatások intézményei közül az ELGI létszáma a tizedére csökkent, a pozsonyi intézetet pedig magánosították, és mindezek ellenére a kutatók tisztességgel befejezték ezt a munkát.

Ki kell hangsúlyozni azt is, hogy ez a munka szakmailag végig korrekt volt, ami normális körülmények között természetes, de nem akkor, amikor politi-



4-67. ábra. Magnetotellurikus mérési eredmények a Mürz-vonaltól a Dunántúli-középhegységig. 1 és 2 – (sárga és barna) fiatal medenceüledékek, 3 (piros) – paleozoós, 4 (lila) – mezozoós kőzetek, 5 – (szürke) jól vezető kőzetek

kai döntések sora állítja le, indítja újra az építkezést, amihez persze különböző „szakmai” körök pro és kontra érvelnek, amikor Szlovákia és Magyarország a Hágai Nemzetközi Bíróságon pereskedik egymással e témakörben. A bős–nagy-marosi vízellépcső-rendszer építése elképesztő fordulatokat vett. A bős-i vízellépcsőt tápláló duzzasztó és zsiliprendszer Dunakilitiben teljesen elkészült, de nem helyezték üzembe, hanem helyette másikat építettek a szlovákok Medvé-nél. Nagymarosnál elkerítették a fél Dunát, és elkezdték a nagymarosi gátépítést, majd leállították a munkálatokat. A dunai vízellépcső szomorú példája annak, hogy mi történik, amikor szakmai kérdések átpolitizálódnak.

## Irodalom

- Nemesi L. et al. (1997): A nemzetközi DANREG program geofizikai eredményei. *Geophysical Transactions* 41/3–4, 95–159
- Császár G. et al. (2000): Danube Region Enviromental Geology Programme 2000. *Jahrbuch 1999–2000. Geologische Bundesanstalt, Ausztria*, pp. 411–607

## 4.6. Belső-Somogy és a Baranya-háromszög regionális geofizikai kutatása

*Draskovits Pál*

A 80-as évek végén a MÁFI-val közös kutatási program indult az ország egyéb régióihoz képest jóval gyengébb megkutatottságú Belső-Somogyban és Baranya-háromszögben. A program célja átfogó földtani-geofizikai ismeretek megszerzése és egységes rendszerbe foglalása volt, amely a későbbi részletesebb vizsgálatokhoz tervezési alapul szolgálhat. A program értelmében különös figyelmet kellett fordítani a közepes mélységű potenciális víztároló képződmények előkutatására és a környezetvédelem földtani szempontjaira.

A program – az 1990. évi mélyszerkezet-kutatási kiegészítéssel – előírta a felszíni geofizikai módszerek szinte teljes skálájának alkalmazását: mérnök-geofizikai szondázások, a közepes mélységű geoelektromos mérések, a nagyobb mélységekig lehatoló szeizmikus és tellurikus-magnetotellurikus kutatások, valamint a mélyfúrás-geofizikai vizsgálatok összegzését is. A program a kilencvenes évek közepéig tartott, mert a kutatási költségek fogytával és a szervezeti leépüléssel párhuzamosan csendesen megszűnt, noha az 1990-es mélyszerkezeti kiegészítéssel együtt még 7-8 éves időtartammal számolt. Ez volt az ELGI utolsó, ilyen értelemben véve klasszikusnak mondható komplex regionális kutatása.

A mérnök-geofizikai szondázásokat, az egyenáramú VESZ-GP méréseket, a tellurikus és magnetotellurikus kutatást saját fejlesztésű és saját építésű eszközökkel (DIAPIR-18, TEM-80, VMRT-10) és zömében saját fejlesztésű feldolgozó-kiértékelő programokkal végeztük.

A programban résztvevő kutatók: *Fejes Imre* (mérnök-geofizikai szondázás), *Draskovits Pál*, *Madarasi András*, *Zalai Péter* (vertikális elektromos szondázás), *Nemesi László* (gravitációs-mágneses előkészítés és tellurika), *Milánkovich András*, *Varga Géza* (magnetotellurika), *Rákóczi István*, *Ráner Géza*, *Szalay István* (szeizmika), *Mészáros Ferenc* (mélyfúrás-geofizika).

### 4.6.1. Mérnök-geofizikai szondázások

A kisalföldi geofizikai térképezésének tanulságaként az a vélemény alakult ki, hogy a mérnök-geofizikai szondázás nem a sekélyfúrásokat helyettesítő eljárás,



hanem azokkal együttműködő módszer. Legnagyobb előnye, hogy a fúrásos vizsgálattal szoros kapcsolatban a rétegkorreláció eredményeinek felhasználásával részletes felszínközeli feltárást tesz lehetővé. A kutatások részletesebb ismertetése a 8.3.6. szakaszban található.

#### **4.6.2. Közepes mélységű geoelektromos kutatás**

A módszer alkalmazásának célja a felső néhány száz méterben elsősorban a potenciális, regionális vízbázisok előzetes megkutatása és védettségük/veszélyeztetettségük becslése volt, de bizonyos konkrét vízigények kielégítésének meg alapozása is. Ebből a szempontból a pleisztocén képződmények vastagsága és kifejlődése elsőrendű fontosságú. Alapvetően folyóvízi és tavi üledékek, tehát kavicsos-homokos-agyagos képződmények és ezek keverékeinek előfordulására számíthattunk, ezért a fajlagos ellenállás területi és mélységi változásainak ismerete (az ellenállásmaximum zónáinak jellemzése) elsőrendű fontosságú információ volt. A potenciális víztárolók alatt az egész területen általános volt a tíz-egynéhány ohmm fajlagos ellenállású pannóniai összlet.

A geoelektromos mérésekkel (egyenáramú ellenállásszondázásokkal) jól tudtuk követni a Dráva kavics- és homokteraszát, mind elterjedését, mind mélységi változásait illetően. Ezen túlmenően azonban, a terület belseje felé már nem igen találtunk a mintegy 6 km<sup>2</sup>/pont mérési pontsűrűséggel jól követhető, eltérő ellenállású képződményeket. Ezért itt egyrészt az egész területre alkalmaztuk a korábban kisebb próbálkozásokon már túljutott intervallum átlagellenállásának módszerét. Másrészt pedig többszáz VESZ-görbét dolgoztunk fel kétszeresen, a Marquardt- (néhány réteges), illetve a Zohdy- (sokréteges) algoritmus segítségével. Alapvetően elmondható, hogy a terület felépítése a geoelektromos kutathatóság szempontjából kedvezőtlen, zömében lefelé folyamatosan finomodó szemcsemérettel (csökkenő fajlagos ellenállással) állunk szemben.

#### **4.6.3. Nagy mélységű vizsgálatok**

Területünkön már az 1930-as évek végétől folytak geofizikai kutatások (MAORT). Kezdetben gravitációs és földmágneses, majd az ötvenes-hatvanas évektől a kilencvenes évekig elsősorban olajipari és részben állami finanszírozású refrakciós és reflexiós szeizmikus mérések, kiegészítő graviméteres és földmágneses kutatások, valamint 1961-től tellurikus mérések és nagy mélységű geoelektro-

mos szondázások történtek, majd a hetvenes évek közepétől magnetotellurikus kutatás is. A kutatások eredményeként a mélyfúrások már a II. világháború előtt is több olajmezőt tártak fel (pl. Görgeteg–Babócsa, Heresznye–Vízvár).

A Somogy–Baranya program a mélyszerkezeti ismeretek bővítését a Földtani Alapszelvények és a Kisalföld programban sikeres aljzat-, ill. kéregszerkezeti kutatással kívánta elérni. Ezt elsősorban a nagy mélységű szeizmikus és magnetotellurikus vizsgálatoktól vártuk, de szükségesnek tartottuk a tellurikus térképezés folytatását, illetve pótlását is, főként a Duna mentén.

A Somogy–Baranya program keretében sikerült elvégezni a Dunántúl átnézetes megkutatásához még hiányzó tellurikus-magnetotellurikus méréseket. A tellurikus bázisállomások összemérése OTKA támogatással valósult meg. Így 2000-ben a *Geofizikai Közleményekben* (Nemesi, Varga, Madarasi 2000) közre tudtuk adni a hegységi területek kivételével a teljes Dunántúl mélyelektromos térképét, amely bár elég változó sűrűségű felmérés, de egységes feldolgozási és szerkesztési elvek alapján készült el.

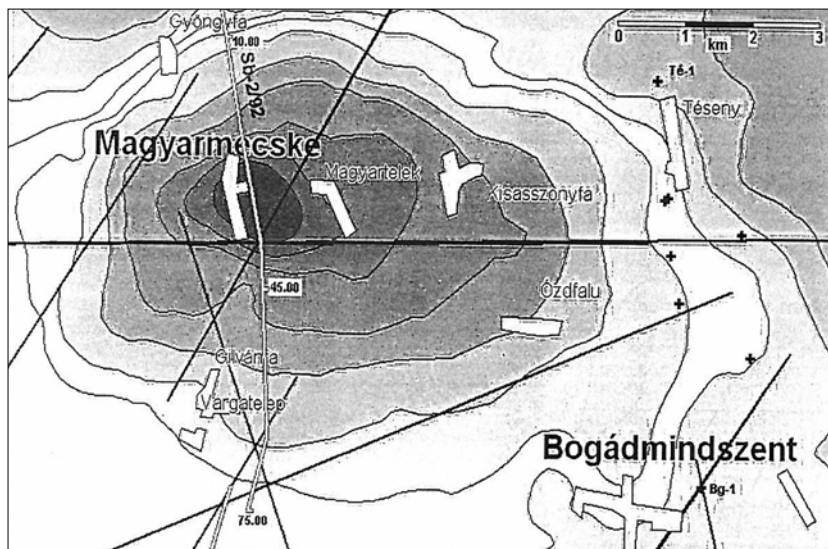
A klasszikus kvalitatív módszerek eredményeinek összehasonlításából az derül ki, hogy a terület jelentős részén a gravitációs és a tellurikus térképek korrelálnak egymással, legalábbis minőségileg, ami azt jelenti, hogy mindkét módszer tükrözi az üledékvastagság (aljzattmélység) változásait, még ha ezek nem is mindig mélységarányosak. Vannak azonban részterületek (az első fázisban a Kapostól D-re, a Dombóvár–Sásd vonaltól Ny-ra, valamint Paks és Magyarmecske környékén), ahol ez a korreláció teljesen elromlik. Ennek fő oka mindenképp a harmadkor előtti aljzaton belüli jól vezető képződmények megjelenése, amit részletesebben ismertetünk.

#### **4.6.4. Magyarmecske**

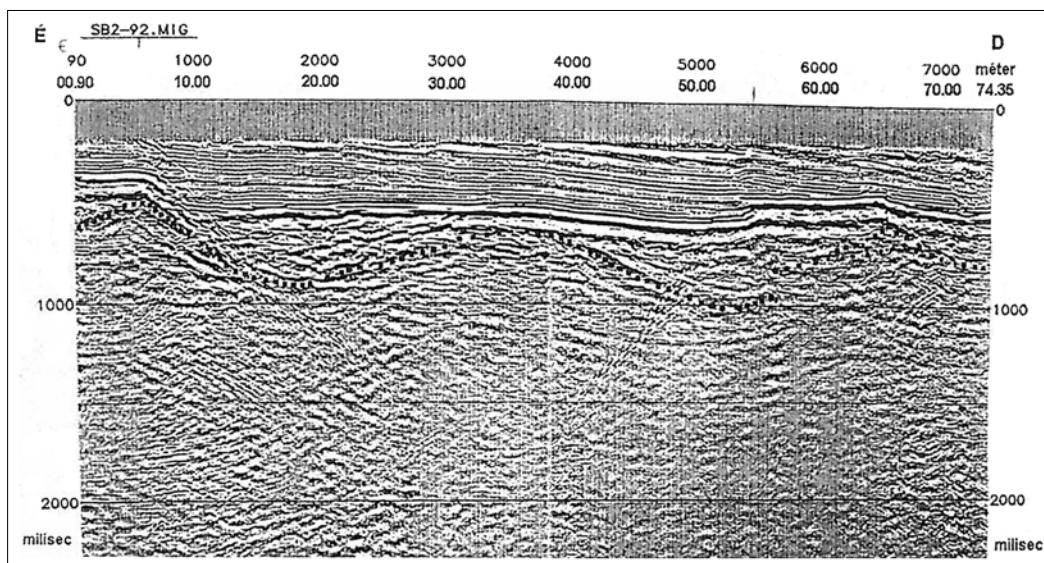
A Somogy–Baranya program keretében – immár nem először – kiegészítő tellurikus és magnetotellurikus méréseket végeztünk a magyarmecskei vezetőképesség-anomália területén. Ennek eredményeképpen ma már elmondhatjuk: ezt az országban egyedülálló geoelektromos jelenséget annyira ismerjük, amennyire az felszíni geofizikai mérések alapján egyáltalán lehetséges. A szélsőségesen nagy vezetőképesség-anomáliát valódi térbeli objektum okozza: felszíni kiterjedése K–Ny irányban mintegy 6–8 km, É–D irányban 4–5 km, az elvégzett modellszámítások alapján települési mélysége mintegy 400 m, vastagsága pedig 800–1000 m lehet. A tellurikus anizotrópiaellipszisek gyönyörűen körbeforogják az anomá-

lia központi részét, nagytengelyükkel a közép felé mutatva. A peremi részeken viszonylag nagy területű, erősen elnyúlt ellipszisek láthatók, a középső néhány km<sup>2</sup>-en alig ábrázolhatóan kicsik. A *Somogy–Baranya* program keretében az anomáliát egy É–D irányú szeizmikus szelvénnel is sikerült harántolnunk (Bodoky et al. 2000). A szelvénykép megerősíti az immár évtizedes földtani-geofizikai értelmezés helyességét: az anomáliát létrehozó objektum szeizmikus szempontból alaphegység jellegű (a jellemző szeizmikus sebesség igen nagy), elektromos szempontból pedig fiatal medenceüledék jellegű (a jellemző fajlagos ellenállás igen kicsi).

A magyarmecskei anomáliával kapcsolatban *Bodoky* szerint (Bodoky 2004, Bodoky et al. 2004) az anomália hatójaként meteoritbecsapódás is feltételezhető. A hazai földtani kutatásnak több évtizedes adóssága, hogy erre a párját ritkító földtani érdekességre máig sem sikerült egy nem is túl nagy mélységű kutatófúrást telepíteni (az összes eddigi modellezés és hatószámítás szerint még 2 km-es fúrási mélység sem szükséges az objektum biztonságos harántolásához). Az értelmezés alapját még mindig az anomália központi részétől több km távolságra levő, környezetéhez képest csak alig megnövekedett vezetőképességű helyen



4-68. ábra. A magyarmecskei tellurikus vezetőképesség-anomália részletes képe a szeizmikus reflexiós mérések és a környező mélyfúrások feltüntetésével



4-69. ábra. A magyarmecskői tellurikus anomáliát harántoló SB-2 szeizmikus reflexiós szelvény (Bodoky et al. 2004)

található bogádmindszenti fúrásban feltárt, karbon korú vékony szenes (meta-antracit) csíkok képezik, amelyekre a laboratóriumi vizsgálatok 8000 cal fölötti fűtőértéket adtak. Ezért a geoelektromos ismeretek alapján úgy véljük, hogy itt műrevaló karbon korú szenes összlet létezésére lehet számítani.

Az SB-2 szeizmikus szelvényt 1992-ben digitális jelrögzítéssel az ELGI, a környezet egyéb szelvényeit (BomS és DamS jelű szelvények) a hatvanas években az OKGT SZKÜ mérte.

#### 4.6.5. Mélyfúrás-geofizikai vizsgálatok

1993-tól megkezdjük a Somogy–Baranya kutatási területen fellelhető mélyfúrások számbavételét és elemzését, hogy a fellelhető mélyfúrás-geofizikai adatokkal segítsük a felszíni geoelektromos kutatások értelmezését. 1994 és 1996 között 4 részterületen gyűjtöttük össze azokat a fúrásokat, amelyekben sor került mélyfúrás-geofizikai mérésekre.

A fúrások keresése során alapvetően a Magyar Geológiai Szolgálat egész országgra kiterjedő földtani adatbázisára támaszkodtunk. Felhívjuk a figyelmet,

hogy a területen korábban a jura korú szenek kutatására mélyült fúrások (Máza, Szászvár, Pellérd, Pécs, Siklós, Villány) a jelen vizsgálat szempontjából közömbösek, ezért ezeket nem vettük figyelembe. Hasonlóképpen nem tanulmányoztuk a csak mikrofilmen tárolt anyagokat a nehézkes kezelés miatt. A területen feltehetőleg folyt korábban fúrásos szénhidrogén-kutatás is, de ennek mérési anyaga nem volt fellelhető a szóban forgó adattárban.

A geoelektromos értelmezés szempontjait figyelembe véve, alapvetően a fúrásokkal harántolt összletek fajlagosellenállás-viszonyai voltak érdekesek. A részletes vizsgálatokhoz ezért a fúrásokban ún. potenciál típusú szondával mért elektromoskarotázs-szelvényeket használtuk fel. Az átlagellenállás-szelvény alkalmas a területre jellemző, a geoelektromos kutatás szempontjából fontos általános ellenállás – mélység trend előállítására.

A fúrások viszonylag homogén területi eloszlása a fentiekén kívül lehetővé teszi egyes kiválasztott rétegösszletek vagy egy konkrét földtani korhoz tartozó összlet kiterjedési és vastagsági viszonyainak vizsgálatát.

A karotázsadatok alapján nem lehet egyértelműen elkülöníteni a pleisztocén és felső pannon korú víztároló-képződményeket, mert az ellenálláskép a vizsgált kutatási terület egyes részein nem egyforma. Az átlagellenállás-szelvények viszont – feltételezve a földtani kor ismeretét – nagymértékben hozzájárulhatnak az egyes területek vízföldtani értékének jellemzéséhez. Kimutatható volt ezenkívül az is, hogy a Drávától távolodva csökken a pleisztocén és felső pannon összletek fajlagos ellenállása, feltehetőleg a szemcseméret változása miatt.

#### 4.6.6. A drávai vízlépcső

A Somogy–Baranya program területét délről az országhatár, illetve a Dráva határolja, így a térképező munka szorosan összefüggött a Jugoszláviával (a régi Nagy-Jugoszláviával) közösen tervezett vízlépcsőrendszerrel. A tervezett magyar oldali gátak nyomvonalán 1970 és 1981 között alkalmasszerűen történtek is mérnök-geofizikai szondázások, de átfogó kutatásra nem került sor.

Mivel a Somogy–Baranya program területe magában foglalja a tervezett drávai vízlépcsőt, ez ügyben több ízben megkerestük a Környezetvédelmi Minisztériumot. Élénken élt még a dunai vízlépcső és az elterelés emléke (*ekkor a Duna-elterelés idején voltunk*), ezért azt gondoltuk, hogy részletes földtani-geofizikai-hidrogeológiai adatszolgáltatással erősíthetjük a magyar fél tárgyalási pozícióit és elősegíthetjük a kérdésnek a szigetközínél

sikerebb megoldását. Arra is gondoltunk, hogy most már *(akkor)* a szakmai kérdések szakmai alapon dőlnek el. A Környezetvédelmi Minisztérium geofizikus szakértője részéről a legmerevebb elutasításban részesültünk, mégpedig egészen elképesztő indoklással. Álláspontjuk az volt, hogy amennyiben a magyar fél bármi olyan földtani, biológiai, szociológiai, turisztikai stb. kutatást végezne, amely valahogyan összekapcsolható lenne a tervezett drávai vízlépcsővel, akkor azt a horvát fél úgy értelmezné, hogy Magyarország egyáltalán foglalkozik a vízlépcső gondolatával. Márpedig mi magyar részről ezt az értelmetlen ötletet eleve elutasítjuk, arról még tárgyalni sem vagyunk hajlandók. Szerény ellenvetésünkre, miszerint nem gondolnák-e, hogy egy elutasító álláspont is jobban védhető, ha azt megfelelő szakmai indoklással támasztjuk alá, gyakorlatilag gúnyos mosoly volt a válasz: látszik, hogy nem vagytok nagypolitikusok. Hát bizony nem vagyunk azok. És hogy ez dicséret-e vagy gyalázat, annak megítélését az Olvasóra bízuk, különös tekintettel a szigetközi problémahalmaz „sikeres” magyar nagypolitikai kezelésére.

### **Irodalom**

- Bodoky T. (2004): Becsapódási kráterek a Földön. Magyar Geofizika 45/1, 51–56  
Bodoky et al. (2004): A magyarmecskei tellurikus vezetőképesség-anómália: eltemetett meteorit-kráter? Magyar Geofizika 45/3, 96–101  
Nemesi L. et al. (2000): Telluric map of Transdanubia, Geophysical Transactions 43/3, 169–205

## **4.7. Légi geofizikai és távérzékelési kutatások**

*Kiss János*

### **4.7.1. „Légi Geofizikai és Távérzékelési Projekt”, illetve Laboratórium**

A légi geofizikai mérések (*repülőgépes távérzékelés*) különböző repülési magasságon elvégzett olyan adatgyűjtést jelent, amely a Föld és a földtani képződmények mágneses terét, illetve az elektromágneses spektrum gamma- és/vagy rádióhullám-tartományában történő természetes (mesterséges) hullámforrások elsődleges (másodlagos) terét. A felmérés során kapott eredmény nem kép, hanem nagy területet lefedő pontszerű digitális adatokból a feldolgozás során összeálló ún. geofizikai erőter- vagy paramétertérkép.

Magyarországon több fázisban voltak légi geofizikai mérések, amelyek mérési adatai nagy részben analóg térképek formájában a raktárakban porosodtak (elsősorban az országot 40%-ban lefedő 60-as évek mérési anyaga), egészen a „Légi Geofizikai és Távérzékelés Projekt” megindulásáig. Ez a projekt és az utód-

ja, a „Légi Geofizikai és Távérzékelési Laboratórium” létét az ELGI-ben 1987-től kezdődő, újkori (1987, 1989 és 1990-ben bauxitkutatási és 1991, 1992-ben és 2007-ben általános földtani térképezési céllal végzett) légi geofizikai mérések során kialakult szakembergárda együttes munkájának köszönheti, amely főképpen geofizikusokból, geológusokból, geodétákból és matematikusokból állt össze az ELGI-ben.

Érdemes felsorolni néhányat azok közülük, akik tettek valamit a magyarországi légi geofizika érdekében (a lista természetesen nem teljes, a mérések szervezése, kivitelezése és a feldolgozás során nagyon sokan közreműködtek – elnézést kérünk mindenkitől, aki hiányzik a listáról).

- akik már nem dolgoznak velünk: *Tóth Csaba* geofizikus, *Csathó Beáta* geofizikus, *György Tibor* geodéta, *Balog György* geofizikus, *Szilágyi Imre* geológus, *Bodrogi Marilla* geofizikus, *Prácser Ernő* matematikus, *Tatai József* geofizikus, *Sárhidai Attila* geodéta, *Szilasi György* geofizikus, *Angyal László* geofizikus, *Körmendy Endre* geodéta, *Bodri Gyula* geofizikus,
- a ma is aktív kollégák: *Gulyás Ágnes* geológus, *Vértessy László* geológus, *Sőrés László* geofizikus, *Kiss János* geofizikus

Az 1994-ben megindult projekt célja volt a meglévő légi geofizikai és távérzékelési adatok karbantartása, az adatok igény szerinti újraértékelése és az értelmezési feladatokhoz szorosan kapcsolódó módszerfejlesztés. A meglévő mérések céljaik, mérési paramétereik, kivitelezésük és minőségük, valamint az adattárolás módjában, illetve a mérési anyagok feldolgozottságuk alapján jelentősen különböztek. Így felhasználásuk csak akkor vált lehetővé, amikor adatrendszereik számítógépre kerültek (*légi geofizikai adatbázis*), ahonnan azokat bármikor a felhasználó igényének megfelelően elő lehetett venni. A nagy tömegű légi geofizikai vagy távérzékelési műholdak adatainak kezelése és a komplex, más típusú adatokkal történő együttes értelmezés szükségessé tette a meglévő feldolgozó geofizikai célszoftverek mellett a képfeldolgozás alkalmazását is (*távérzékelés, képfeldolgozás*). A különféle földtani, geofizikai és mélyfúrási anyag kezeléséhez, a térinformatika alkalmazásához nem voltak elegendők a PC-re – sok esetben intézeti fejlesztés eredményeként – készült programok (adatbázis-kezelő programunk saját fejlesztés, amely PC XENIX és nagygépes UNIX verzióban is elkészült). A légi geofizikai és távérzékelési adatok kezelésekor nagyobb kapacitású számítógépek (*SUN munkaállomás*) és speciális képfeldolgozó (*ERDAS*) és (*Arc/Info, ArcView*) programrendszerek alkalmazása vált szükségessé,

ami által valóban gyors, korszerű, célorientált feldolgozásokat és megjelenítéseket tudtunk készíteni – mindezt látványos és gyorsan kezelhető térinformatikai rendszerbe szervezve.

#### **4.7.2. Légi geofizikai felmérések története Magyarországon (1960–2007)**

##### **4.7.2.1. Szovjet–magyar kivitelezésű mérések (1956)**

Hazánkban az első légi geofizikai (repülőgépes) mérésre 1956-ban szovjet kezdeményezés alapján, a Mecseki Ércbánya Vállalat közreműködésével mintegy 21 ezer km<sup>2</sup> területen került sor. A mérési anyag dokumentációja az 1956. októberi történések idején megsemmisült.

##### **4.7.2.2. Szovjet–magyar kivitelezésű mérések (1965–1969)**

1965 és 1969 között a Mecseki Ércbánya Vállalat (MÉV) megbízásából, az ELGI és az OKGT közreműködésével újabb felmérés indult, kezdetben ugyancsak szovjet, majd a MÉV saját kivitelezésében. Az ország mintegy 40 ezer km<sup>2</sup>-nyi területét lefedő mágneses és radiometrikus felvételezés hasadóanyag kutatására irányult.

A mérések feldolgozása a MÉV-nél történt. Az értelmezést ugyancsak a MÉV és az ELGI szakemberei végezték, amelynek során nemcsak a hasadóanyag-kutatás szempontjait tartották szem előtt, hanem regionális földtani (elsősorban ércföldtani) következtetések levonására is kísérletet tettek. Az eredményekről beszámoló jelentéseket és a hazai szakfolyóiratokban megjelentetett publikációkat az irodalomjegyzékben foglaltuk össze.

A szovjet kivitelezésű mérési anyag az egyik legteljesebb légi geofizikai adatrendszer, amely az ország 40%-át lefedi, ezért újraértékelését célszerű elvégezni. A szovjet mérések digitális adatbázisának elkészítése folyamatban van, a mágneses adatrendszer már készen van, a radiometriai adatokból szerkesztett paraméterterképeknek csak a digitalizálása van meg, illetve néhány részterület térképe.

##### **4.7.2.3. Csehszlovák–magyar kivitelezésű mérések**

1977-ben az ELGI megbízásából a csehszlovák Geofizika n.p. Brno légi geofizikai mérőcsoportja a Kemeneshát várkeszői területének mintegy 80 km<sup>2</sup>-nyi területén végzett légi mágneses és radiometriai mérést. A kutatás célja a pannonvégi



vulkáni szerkezetekhez köthető bentonit- és alginitlepek kimutathatóságának vizsgálata volt.

A mérési anyag feldolgozása és megjelenítése Brnóban történt. Az eredményterképek alapvető információkat szolgáltatottak a bazaltkráterek elhelyezkedéséről. Ezt jól kiegészítették az ELTE Geofizikai Tanszékén végzett mágneses hatószámítások, amelyek a bazaltösszlet és a kitöltő üledékek vastagságát becsülték.

A felmérés a 70-es évek technikai színvonalát reprezentáló légi geofizikai célprojekt kitűnő példája, sajnos a digitális adatrendszer nincs meg.

#### **4.7.2.4. Bolgár–magyar kivitelezésű mérések**

A szófiai Specializált Légi Geofizikai Vállalat az ELGI megbízásából több társfinanszírozó és felhasználó (MÉV, BKV, TPI) részvételével hajtott végre légi mágneses és radiometriai felmérést a Mecsek, a Bakony, a Vértes, a Budai-hegység, a Bükk és a Szendrői-hegység kiválasztott területein 1986-ban. A mérések az akkor folyamatban lévő nyersanyag-kutatási (bauxit, színes érc, hasadóanyag) programokhoz kapcsolódtak.

A mérési anyag feldolgozása és megjelenítése Bulgáriában történt, sajnos a digitális adatrendszer nincs meg. A paraméterterképek és szelvények értelmezése a hiányos adatkezelési és archiválási eljárások miatt – az intenzív földi ellenőrző mérések kivitelezése ellenére – „vizuális” szinten maradt. Az adatbázisok újragenerálása energiaráfordítást igényelne, ennek célszerűsége azonban a mérések helyének meghatározási pontatlansága miatt meggondolandó.

#### **4.7.2.5. Osztrák–magyar kivitelezésű mérések**

A nyolcvanas évek végének alumíniumiparának politikai célkitűzései a felszínközeli bauxitlepek előfordulása szempontjából perspektivikus területek gyors geofizikai megkutatását igényelték. Mivel a bauxit-geofizikai projektek keretében a felszíni elektromágneses méréseket sikerrel lehetett alkalmazni, felvetődött a légi elektromágneses módszer kipróbálásának gondolata is. Így került sor 1987-ben a Bauxitkutató Vállalat és a Magyar Alumíniumipari Tröszt finanszírozásában, az ELGI szervezésében és a Bécsi Műszaki Egyetem kivitelezésében egy légi elektromágneses tesztmérésre a Zirc–Gézháza, Szár és Somlyóvár kutatási területén. 1989-ben és 1990-ben a légi geofizikai bauxitkutatás többfrekvenciás elektromágneses, mágneses és radiometriai módszerek alkalmazásával vált tel-

jessé. 1989-ben a halimbai és sümegi, 1990-ben pedig a tési, eplényi és herendi kutatási területek felmérésére került sor. A mérések eredményei hatékonyan segítették a perspektivikus, bauxittároló szerkezeteket magukba foglaló zónák kijelölését, az alkalmatlan feüképződményekből felépített és feükibúvásos területrészek további kutatásból való kizárását és a kutatófúrások optimális telepítését.

1991-ben egy újabb mérésre került sor, ám ennek célja már nem bauxit-kutatás volt. A projektet a KFH finanszírozta. Célja a légi geofizikai módszer tesztelése volt földtani térképezési (nézsai terület) és környezetföldtani (balatonfűzfői és paksi területek) alkalmazási területeken.

#### **4.7.2.6. Finn–magyar kivitelezésű mérések**

1992 októberében a KFH, a MÁFI és az ELGI közös finanszírozásával újabb teszt-mérésre került sor az Északi-középhegységben. A kivitelező a Finn Geológiai Szolgálat légi geofizikai mérőcsoportja volt. A mérésre azért került sor, hogy tisztázódjon egy olyan merev szárnyú, egyfrekvenciás mérőberendezés-típus magyarországi földtani körülmények között való használhatósága, amelyet a 70-es években, pajzsterületek (idős kristályos alaphegység a felszínen) kutatására fejlesztettek ki.

2007-ben a Wildhorse Energy Hungary Kft. megrendelésére történt kis területű, de sűrű légi geofizikai mérés Véménd–Bátaszék térségében a Finn (GTK) és a Brit Geológiai Szolgálat (BGS) által létrehozott társulás (Joint Airborne Capability, JAC) bevonásával. A mérések során radiometriai (gamma-spektrometriai) mérések és a mágneses totálintenzitás rögzítése mellett 4 frekvencián elektromágneses mérésekre is sor került. A szerződés értelmében a repülés során folyamatos video- (2 kép/s) dokumentáció készült.

A mérés célja a másodlagos uránfeldúsulás környezetének vizsgálata, a mélybeli felépítés jobb megértése és a továbbkutatás tervezése céljából.

A későbbi évek folyamán születtek légi geofizikai mérési tervek, amelyek költségvetési pénzügyi problémák miatt meghíúsultak. Pedig a földi gravitációs és mágneses térképekhez hasonlóan az egész országot lefedő, egységes légi geofizikai térképek ma már alapvető elemei a geofizikai ismertségnek.

A hazai légi geofizikai mérésekről készített jelentések és publikációk listáját a táblázatos formában összeállított irodalomjegyzékben, a Függelékben (ld. III. táblázat) közöljük.

# 5. fejezet

## **Víz kutatás és környezetvédelmi célú kutatások**

*Bodoky Tamás, Draskovits Pál, Fejes Imre<sup>+</sup>,  
Hobot József<sup>+</sup>, Kovács Attila Csaba*

## 5.1. Vízkutatás

*Hobot József<sup>+</sup>*

### 5.1.1. Vízkutató geofizikai mérések

Az ELGI életében az 1963-ig terjedő időszak utolsó évtizedében fejlődött ki és kezdett kiterjedélyesedni a vízkutató geofizika. Ennek előfeltétele volt a megfelelő műszer- és módszertani háttér létrejötte. A 60-as évek elején kifejlesztett GE felszíni ellenállásmérő műszercsalád, valamint a kis és közepes mélységű (max. 500 m) fúrások vizsgálatára megépített HLH lyuk-geofizikai (karotázs-) berendezés alkalmazásával jelentősen növekedett a hazai vízkutatás. A műszerfejlesztésben és a feldolgozó eljárások kidolgozásában kimagasló érdemei voltak *Lakatos Sándornak* és *Szabadváry Lászlónak*. Munkájuknak köszönhető, hogy megindult a mongóliai vízkutatás, és hogy annak első 10 évében (1957–1967) megnőtt a geoelektromos ellenállásmérések és a kis mélységű lyuk-geofizikai vizsgálatok szerepe. Párhuzamosan a kifejlesztett geoelektromos műszerek kivite is jelentősen növekedett.

A hazai vízkutatás a 60-as évekig több helyi jellegű vízfúrás kitűzésére, a víz- és mélyépítő vállalatok részére nyújtott geofizikai szakvéleményekre szorítkozott. *Jósa Ernő* és munkatársai kiterjedten végeztek még a Duna mindkét partszegélyén és több Ny-dunántúli folyó mentén kis mélységű geoelektromos ellenállás-mérést parti szűrészű kutak kijelölésére.

Magyarországon a korábbi években vízművek telepítéséhez, vízfúrások kitűzéséhez nem minden esetben igényeltek geofizikai előkészítést. Miután a KFH előírta, hogy minden vízépítéssel kapcsolatos tervezési tevékenységhez geofizikai kutatási szakvélemény szükséges, az új helyzetben a vízkutatási témák száma és a kutatásra fordítható pénzforrások igen jelentős mértékben növekedtek. Az Intézet – lehetőségeihez mérten – elvégezte a különböző vízügyi szervezetek, mélyépítési tervező vállalatok és más intézmények számára az igényelt geofizikai kutatásokat.

A 60-as évek derekán alakult ki az Intézet új szervezeti és működési rendje. Az ELGI vezetése – tekintettel a külső kapcsolatokra – a vízkutató geofizikát két főosztály között osztotta meg. Az *Erkel András* vezette *Geofizikai Kutatási Főosztály*hoz kerültek *Jósa Ernő* irányítása mellett a kis mélységű vízkutatások, a kistérségi vízmű-előkészítő vizsgálatok, a folyóterasz-kutatások és ezzel együtt a meredeken fejlődő mérnök-geofizika is. A főosztályhoz tartozott a komplex

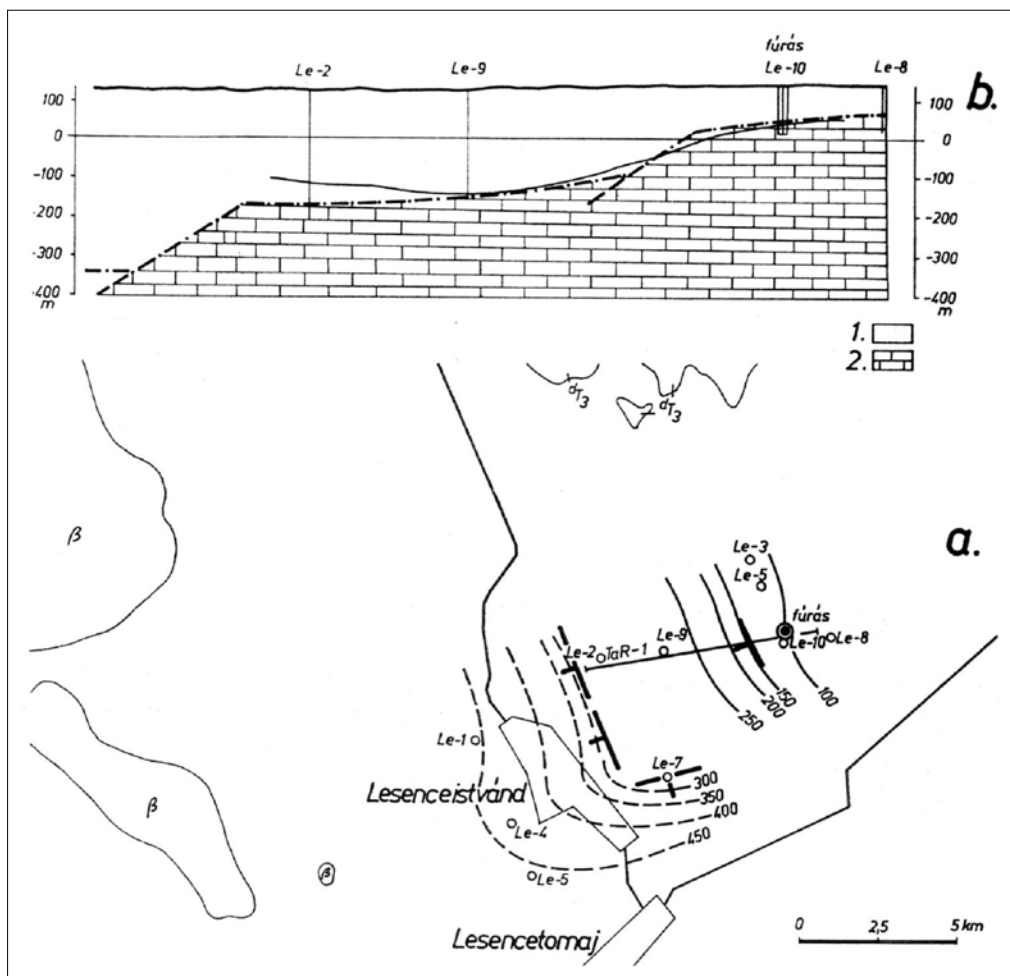
mongóliai vízkutatás és a hazai regionális vízkutatás *Hobot József* vezetésével és sokéves aktív részvételével. A nagy mélységű ivóvíz- és hévíz-feltárásokat előkészítő komplex geofizikai kutatások széles skálája pedig megalakulása (1970) után a *Dunántúli Kutatási Főosztály* (később SZÁF) feladata lett. A mélyvíz-földtani kutatásokat irányító komplex témavezető *Szabadvány László* volt. A konkrét kutatást mindig a terület geológiáját legjobban ismerő geofizikus – mint területi témafelelős – vezette, és a méréseket értelmezte. Speciális vízföldtani témában az Intézet csaknem valamennyi kutatóosztálya – módszereit a feladatok különleges jellegéhez alkalmazva – közreműködött.

Az 1968-as év a vízkutató geofizikában is ugrásszerű fejlődést hozott. A kutatási igények az egyre nagyobb mélységek vizsgálatára terjedtek ki. Megduplázódtak a mongóliai expedíciós feladatok, és növekedett a kiküldött szakértők száma is. A kutatások módszerei kibővültek, s a vizsgálatok a komplexitás irányában tolódtak el. Már az előkutatásban is kiterjedten alkalmazták a gravitációs és földmágneses méréseket, a mélység meghatározására a geoelektromos szondázásokat és a szeizmikus módszereket is.

A továbbiakban 1968-tól időrendi sorrendben áttekintjük az ELGI vízkutató geofizikai tevékenységének legfontosabb hazai eredményeit a kutatások módszer- és műszerfejlesztési igényeinek figyelembevételével.

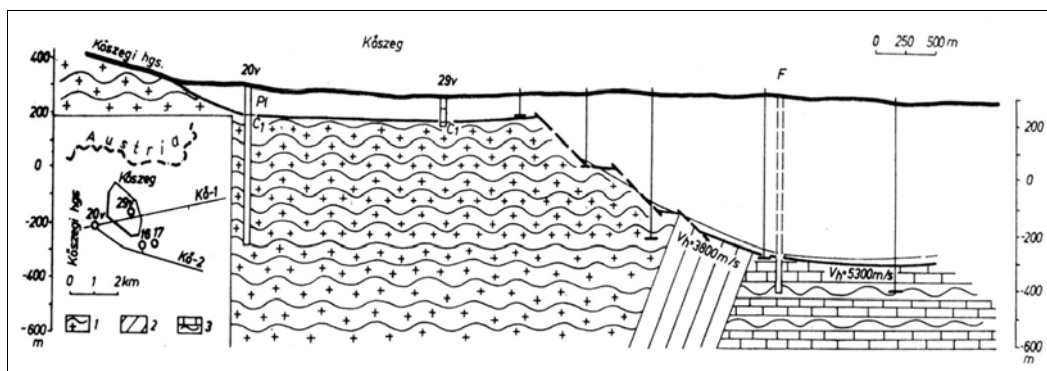
- Vác város belterületén, a püspöki palota előtt melegvíz-fúrást terveztek. A város területén a beépítettség miatt méréseket nem lehetett végrehajtani, ezért a medencealjzat mélységének meghatározására a Szentendrei-szigeten mikrogravitációs, szeizmikus és geoelektromos méréseket végeztek.
- A Tapolcai medence Ny-i részén a Várvölgyi medencében karsztvíztermelő kutak mélyítésének lehetőségét vizsgálták. A medencét graviméteres előkutatással mérték fel. Lesenceistvánditól ÉK-re olyan triász rögöt találtak, amelynek mélységét és a vetőrendszert geoelektromos szondázással, valamint a kimutatott vetőrendszerre merőlegesen telepített refrakciós szelvényméréssel részletesen meghatározták (5-1. ábra).

Eltérő jellegű feladat volt a Hatvan város melletti kutatás, mert a fúrás elképzelt helyén a gravitációs, földmágneses és geoelektromos mérések együttes eredményei alapján a fúrás szempontjából a mezozoikum felett települt kedvezőtlen vastag andezit takarórétegre lehetett számítani. A várostól NY-ra összefüggő vulkáni képződmények nincsenek, a mezozoikum mélysége ellenben tekintélyes, 2800 m.



5-1. ábra. A várvolgyi geofizikai mérések helyszínrajza. a) helyszínrajz és mélység-térkép,  $d_{T_3}$  f. triász dolomitkibúvás,  $\beta$  bazaltkibúvás,  $T_{3R-1}$  szeizmikus szelvény, Le-10 telepített vízfúrás, b) geofizikai-földtani szelvény: 1 – fedőösztet, 2 – triász dolomit

Hévízfeltárás céljából több helyen végeztek komplex méréseket: Balatonmárfürdőnél, Tamásinál, Pannonhalma térségében (1968). A NY-Dunántúl egy részének vízellátását biztosító, Rába-völgy kavicsteraszára tervezett 15–30 ezer  $m^3$ /nap kapacitású vízmű geofizikai előkészítése is elkezdődött.

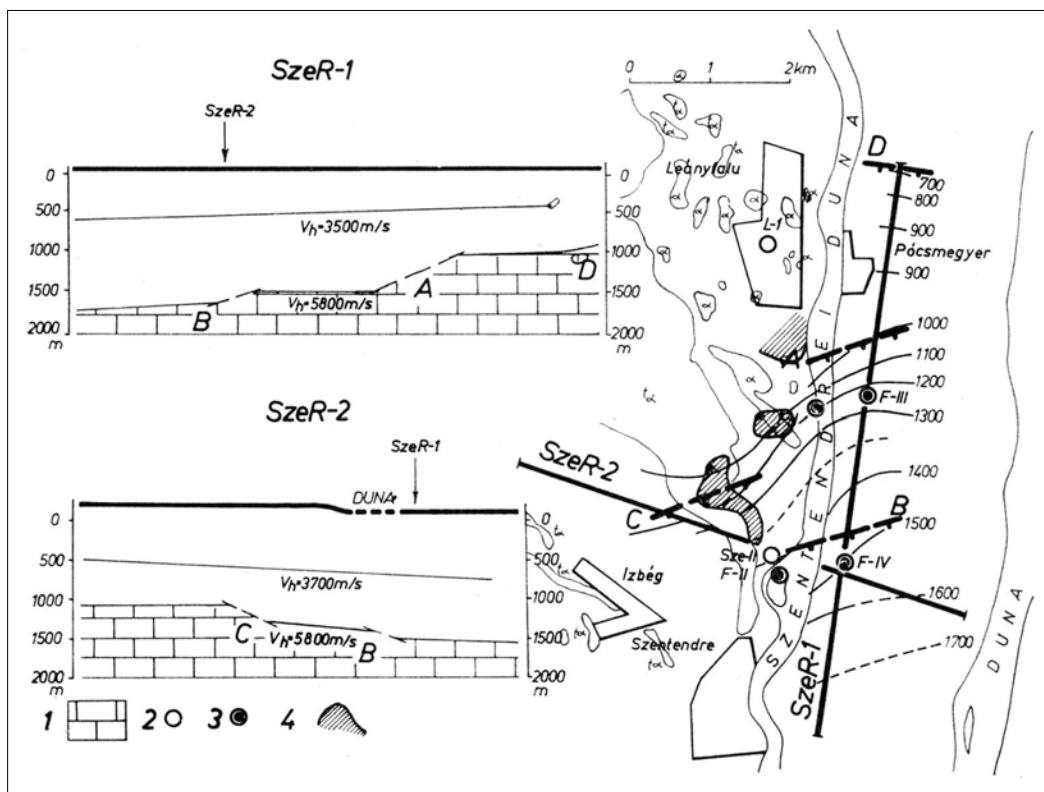


5-2. ábra. A Kőszeg környéki vízkutató mérés. A paleozoikum mélybe süllyedése a szeizmikus szelvény mentén. 1 – csillám és agyagpala, 2 – töréses zóna, 3 – pala vagy karbonát, F – javasolt vízfúrás helye

A vízkutató geofizikai tevékenység 1969-ben tovább növekedett. A VITUKI és az OVH intézményei főleg mélyebb (500–1000 m-es) vízfúrások telepítéséhez igényeltek előzetes geofizikai méréseket. Általában a tektonikusan zavart vízföldtani modelleket kutatták, miközben számos módszertani problémával kerültek szembe. Néhány példa a bonyolult feladatokból:

Kőszeg város vízellátásának javítására a város alatt és attól K-re geoelektromos gravitációs és szeizmikus refrakciós mérést végeztek a Kőszegi-hegység paleozoikumának nyomozására, két szelvény mentén. Az egyik szelvényben a paleozoikumban lépcsős vetővel fokozatosan mélyülő töréses zónát mutattak ki. A fúrást a törészóna levetett szárnyára javasolták, hol a Pz-Mz aljzat mélységét  $610 \text{ m} \pm 15\%$  m-ben adták meg. Mivel az aljzat karbonátos kőzet is lehet, esetleg a felszálló melegvíz sem kizárt (1969).

A geofizikai mérések a mezozoós medencealjzatban Szentendre környékén tektonikai árkot mutattak ki, és a triász aljzat több vető mentén süllyed a mélybe. A vetőket jelentős andezitvulkánosság kísérte. Az üdülőtelep melegvízellátására tervezett fúrásnak fő kritériuma, hogy lávás andezitet ne harántoljon, de mégis törésvonalra telepítsék. A fúrás helyére ajánlott variációkból a vízügyi szervek egy javaslatot elfogadtak. (5-3. ábra). A szeizmikus refrakciós mérések alapján telepített Szentendre–Pap-szigeti fúrás igen jó eredménnyel járt. Az ide telepített Pap-szigeti strandfürdő azóta is a város kedvelt idegenforgalmi célpontja.

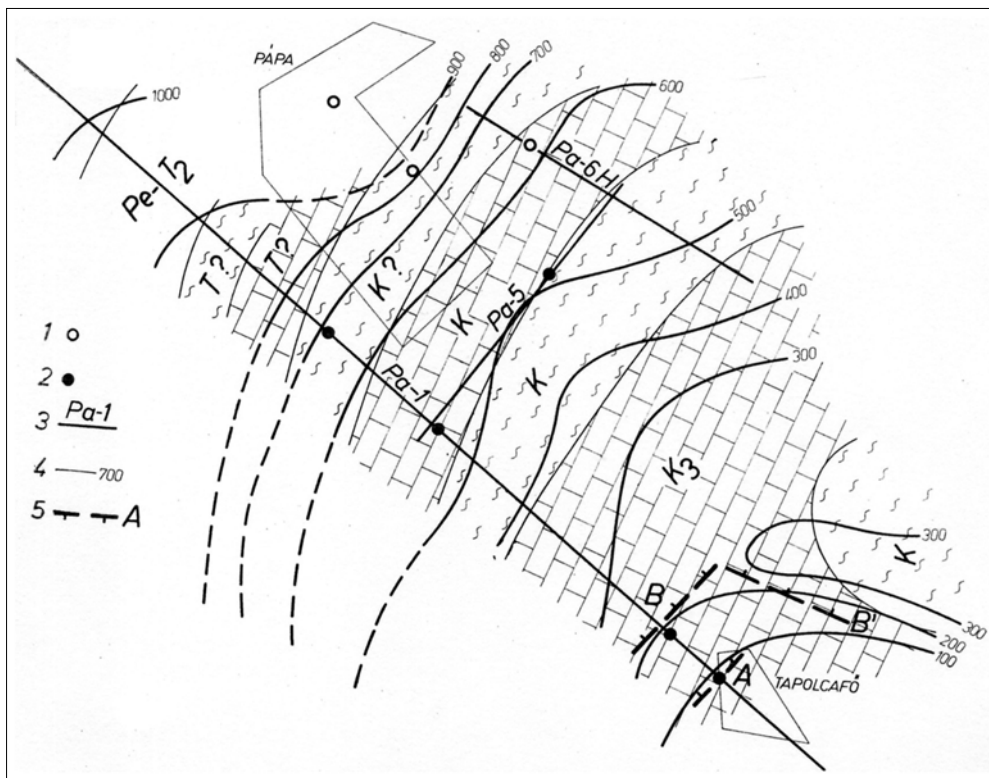


5-3. ábra. Szentesi mérések helyszínrajza. 1 – medencealjzat, 2 – fúrás, 3 – javasolt fúrás, 4 – mágneses ható

Ugyancsak geofizikai előkészítés alapján mélyítették le a leányfalui és Visegrád-lepencei vízfúrásokat. Mindkettő sikeres volt, és mindkettőre népszerű termálfürdő épült. A lepencei strandfürdőt később bezárták, most a fúrás vizét a mellette épült hatalmas gyógyszállóban hasznosítják.

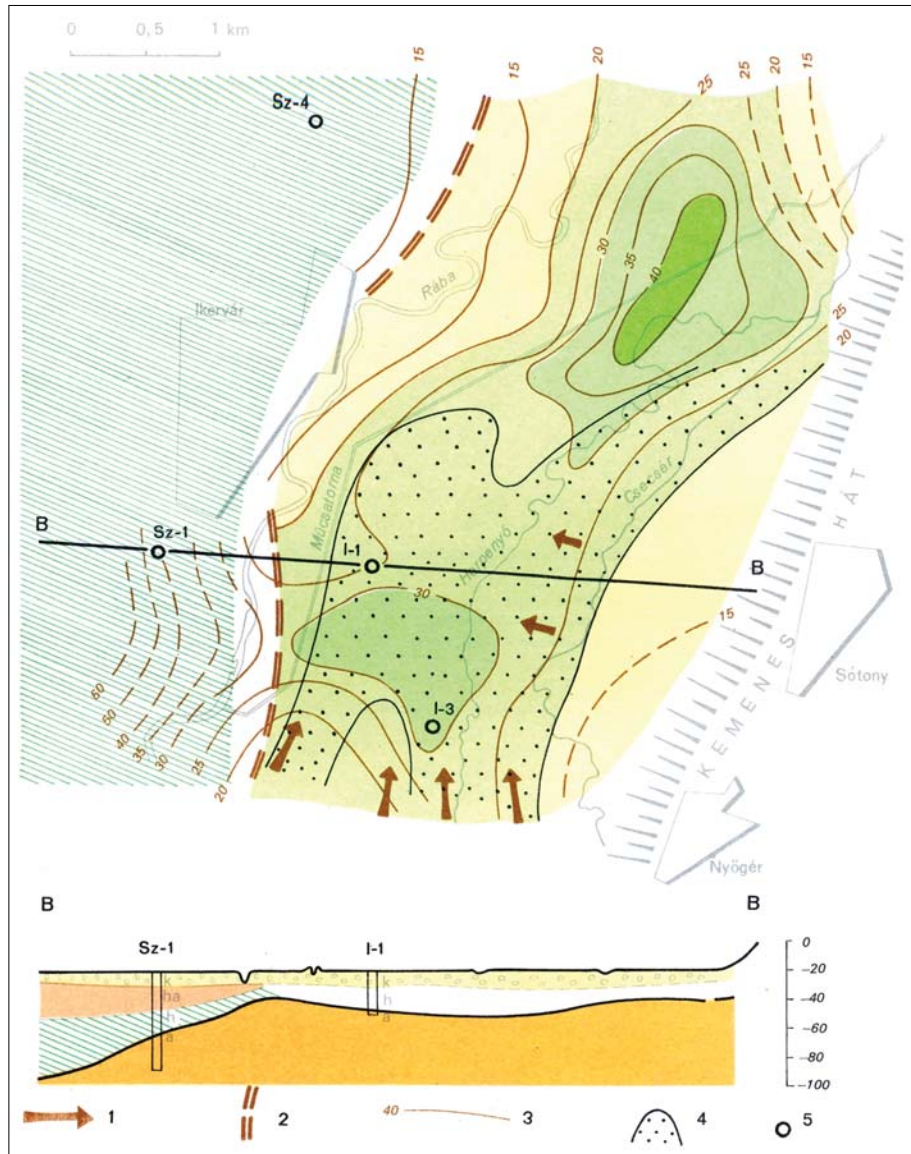
Pápa–Tapolcafő térségében végzett kutatás célja kettős volt (5-4. ábra). A ki-mutatható mezozoós medencealjzat kisebb mélységeire ivóvízkutat, a nagyobb mélységű elemeire hévízkutat kívántak telepíteni. A gravitációs mélységtérkép közelítően megadja a karsztvízadó kréta mező mélybe süllyedését, és felhívja a figyelmet a medencealjzatban lévő törésvonalra, amelytől NY-ra a mezozoikumot már vastag márga összlet képviseli.



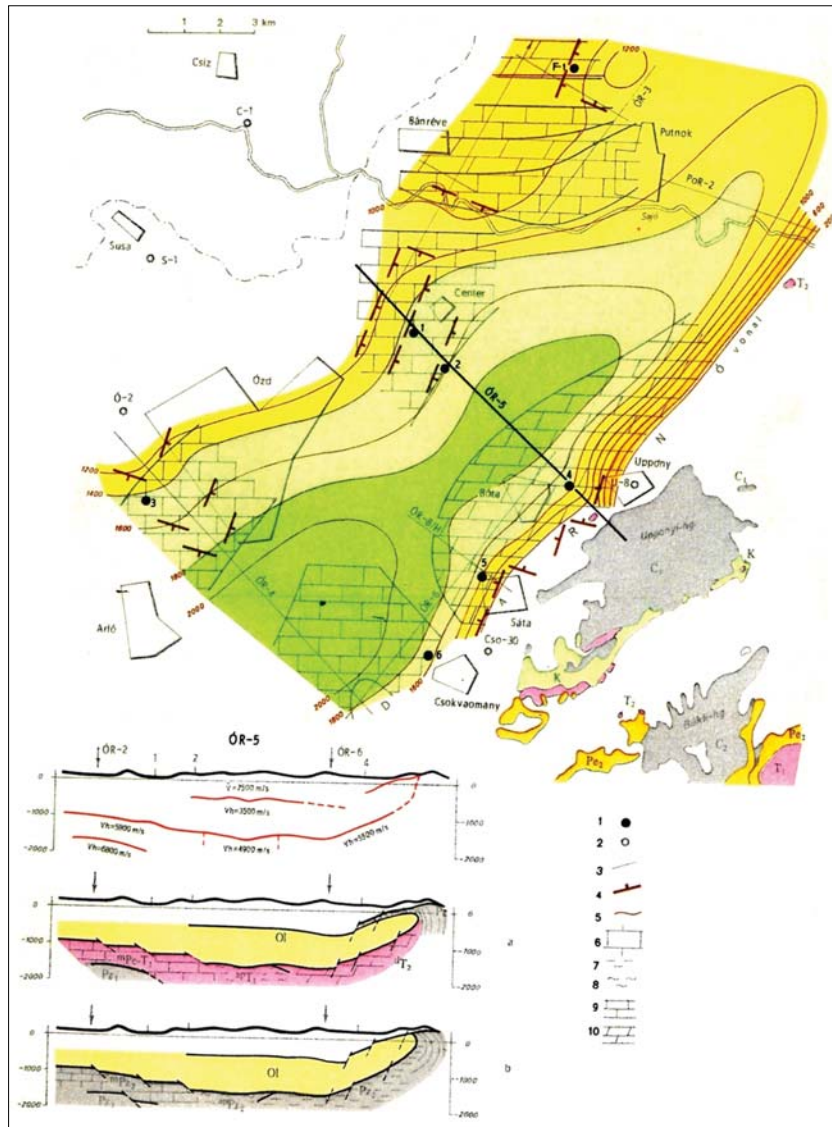


5-4. ábra. A Pápa–Tapolcafő között végzett vízkutató geofizikai mérések eredmény-térképe. 1 – fúrás, 2 – tervezett fúrás, 3 – geofizikai szelvény, 4 – felszíntől számított mélység, 5 – vető

Szombathely és a környező települések vízellátását a Rába folyó kavics-teraszára telepítendő vízművel kívánták megoldani. A vízmű optimális helyének meghatározására 1968-ban felderítő, kis mélységű geofizikai kutatás indult. A részletes – fúrásokkal ellenőrzött – kutatás Ikervár–Sótony közötti területet jelezték legkedvezőbbnek. A kimutatott víztároló-szerkezet egy fedő pannoniai süllyedék, amely a vízutánpótlását a Rábától kapja. A bemutatott ábra a kavics- és homokösszlet vastagságát, a vízutánpótlás irányát, a durva szemcsés víztároló kiterjedését szemlélteti. A kísérleti fúrások szerint a Rába-teraszról nyerhető vízmennyiség tekintélyes (15–20 ezer m<sup>3</sup>/nap), de távlatilag nem elegendő. A kutatást Perint mentén Vép–Ikervár irányában javasolták tovább folytatni.



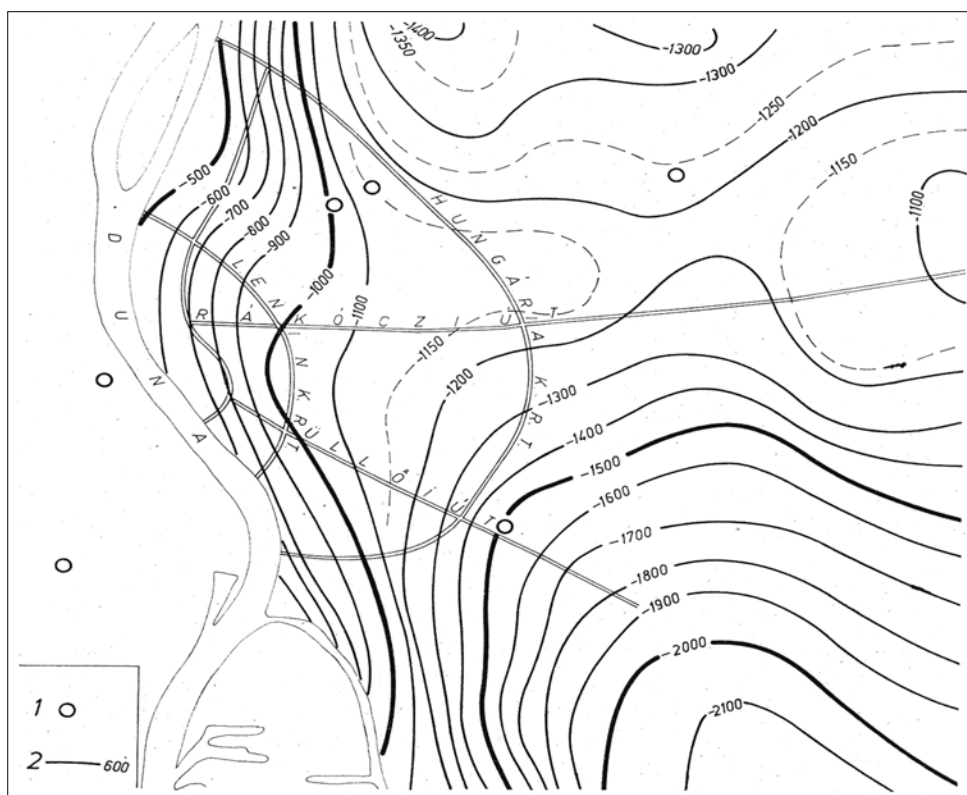
5-5. ábra. Felszínközeli víztároló képződmények elhelyezkedése Sótorny-Ikervár környékén. 1 – a vízutánpótlás iránya, 2 – víztároló határa, 3 – vízadó képződmény vastagsága, 4 – durva szemcsés víztároló, 5 – ellenőrző fúrás



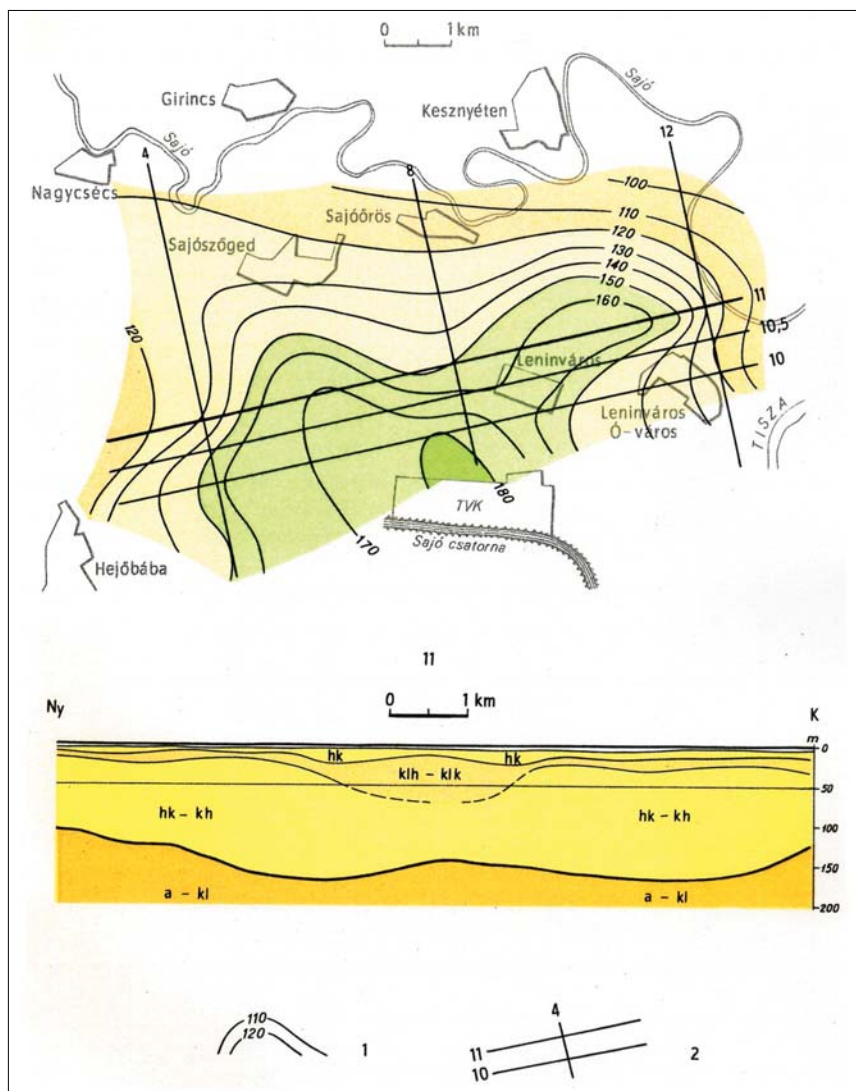
5-6. ábra. Ózd és az Upponyi-hegység között végzett mélyvíz-földtani mérések eredménytérképe. 1 – javasolt fúrás, 2 – fúrás, 3 – geofizikai szelvény, 4 – vető, 5 – felszíntől számított mélység, 6 – medencealjzat (mésző, dolomit?), 7 – paleozoikum, 8 – agyagpala, 9 – mésző, 10 – dolomit

Időközben a hazai vízkutatási tevékenység is tovább bővült. 1970-ben általában olyan területeken kutattunk, ahol a vízfeltárás lehetőségei rosszak, a földtani felépítés kedvezőtlen, és a korábbi fúrások eredménytelenek voltak. Az egyik ilyen kutatás az ózdi medencében történt, ahol a térségben végzett korábbi fúrások oligocén korú márgát harántolva nem bizonyultak vízadónak. Az átgondolt kutatás így a karbonátos medencealjazat törésvonalaira irányult. A kutatás gerincét jelentő szeizmikus refrakciós mérési vonalak kijelölését gravitációs és geoelektromos mérésekkel készítették elő (5-6. ábra).

Folytatódtak a Pápa város távlati vízellátására irányuló korábban kezdett kutatások: gravitációs előkészítés után geoelektromos és szeizmikus mérésekkel határozták meg a kréta mészkőaljazatot, s egymásra merőleges törésrendszert



5-7. ábra. Budapest Népliget gravitációs mélységtérképe. 1 – fúrás, 2 – szintvonal



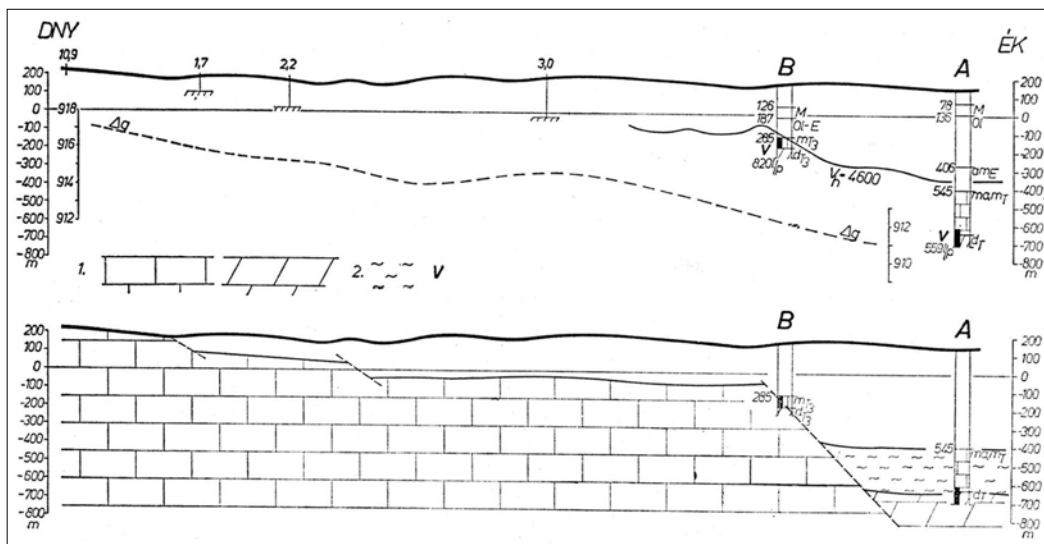
5-8. ábra. A Leninváros (Tiszaújváros) környéki mérések helyszínrajza és eredménytérképe. 1 – hordalékkúp vastagsága, 2 – geoelektromos szelvényvonal

jeleztek. A töréses aljzatból Pápa ivóvíz-ellátása megoldható, a melegvíz-feltárásnak valószínűsége csekély (1970).

Budapesten a Népliget területén mélyítendő melegvíz-fúrás geofizikai előkészítése a beépítettség és a nappali környezeti zaj miatt különleges mérés technikát igényelt: a kutatást graviméteres és szeizmikus módszerekkel végezték, általában az éjszakák második felében. Az eredmények a gravitációs térképen láthatók (Az ELGI 1970. Évi Jelentése).

A kis és közép mélységű kutatások közül hármat feltétlenül említeni kell. Időközben világossá vált, hogy a Rába-völgyben a teraszokra építendő vízművek nem oldják meg a térség megnyugtató vízellátását. Ezért a vizsgálatokat kiterjesztették a felső pannon összlet 250–300 m mélységű rétegeire is. Ebben a zónában a geoelektromos mérések szerint porózus összlet két vastagabb rétegben fordul elő a szelvény Ny-i és K-i szárnyán. A geofizikai, hidrogeológiai komplex vizsgálat eredményeként megállapították, hogy ezek a víztároló-szerkezetek vízutánpótlása és védettsége kedvező. A P-8 ponton mélyített próbakút előzetes vízhozamadata 1200 l/perc, ami rekordot jelent pannóniai összletből.

Leninváros (ma Tiszaújváros) térségében szintén közepes mélységű (200–300 m) kutatást végeztek, egy nagy kapacitású vízmű telepítésének kijelölésére.



5-9. ábra. A Buda-Pilis hegység előterében példa a geofizikai előkészítés nélküli (A), és geofizikai előkészítéssel telepített (B) vízfúrás eredményességére. 1 – mészkő, dolomit, 2 – dolomitpados triász korú márga, v = vízadó szakasz



Geoelektromos szondázásokkal horizontális és vertikális irányban jól lehatárolták a Sajó–Hernád hordalékkúpját. Az 5-8. ábrán közölt térkép (Az ELGI 1970. Évi Jelentése) és egy Ny–K-i szelvény jól tükrözi a pleisztocén porózus összlet szerkezetét, elterjedését és elkülönülését.

A kutatási tapasztalatok meggyőzően mutatják, hogy nagy teljesítményű vízmű csak a vízföldtani szerkezet megbízható ismeretében telepíthető optimális helyre. Kutatásaink során többször végeztünk méréseket olyan területeken, ahol korábban vízfúrást telepítettek. Így csak utólag volt megállapítható, hogy jól előkészített fúrás esetén kisebb mélységben és kevesebb költséggel jobb vízhozamot adott a kút. A példa a Buda–Pilis hegység előterében mélyített két fúrás mutat be az 5-9. ábrán. Az A jelű fúrás geofizikai előkészítés nélkül mélyítették. A 850 m mélységű fúrás az alsó 100 m-es szelvényben triász dolomitot határolt, és ebből 560 l/perc vízhozamot nyertek. A később végzett geofizikai mérés szerint a dolomit a fúrástól 950 m távolságra, a vető mentén 250 m-re emelkedik. A vető felső harmadára telepítették a B jelű fúrást, amely 285 m-ben triász földolomitot talált, és abba 75 m hosszúságban belehatolt. Vízhozama 820 l/perc. Az adatok önmagukért beszélnek.

A 70-es évek első felében több mélyfúrást fejeztek be, amelyek utólagos földtani-geofizikai értelmezése érdekes példaként szolgálhat. A rábasömjéni kutatás abból a célból indult, hogy a Rás-1 kőolajipari fúrással feltárt magas sókoncentrációjú melegvíz tárolókőzetét nyomozza ki, és újabb feltárásokat jelöljön ki Sárvarhoz közelebb. Az 1970. évi kutatás csak féleredményt hozott. 1971-ben a probléma biztonságosabb megoldására a lényegesen költségesebb reflexiós, közös mélypontos méréseket választották. A Rás-2 fúrás a Rás-1-től ÉK-re kimutatott diffrakciós (törésekre utaló) zónákra került, ami igazolta a szeizmikus adatokat, és a fúrás jelentős hévízfeltárást eredményezett (Az ELGI 1971. Évi Jelentése).

1972–1974 a hazai mélyvíz-földtani kutatásnak nem volt kiemelkedő időszaka. A többéves fejlődés után a vízügyi beruházások korlátozása következtében csökkent a kutatási profil. Ennek okai többfélék voltak. Egyrészt a megbízók igényei a lehető legbiztosabb eredményeket várták el, ugyanakkor szűkre szabták a ráfordításokat. Ezzel szemben a kutatási területek földtani felépítésének bonyolultsága az egyre költségesebb geofizikai módszerek alkalmazása felé tolódott el. Másrészt a kutatások során éppen a több költséget felemésztő, hatékonyabbnak tűnő geofizikai módszerek alkalmazása mellett is előfordultak a végső célt (hévízfeltárás) negatívan befolyásoló vizsgálatok.

Amilyen mértékben a 70-es évek derekára beszűkültek a mélyvíz-földtani geofizikai kutatások, annyira szélesedtek a sekély és közepes mélységű kutatások igényei az ivóvíz-bázisok lehatárolására.

Közepes mélységű kutatást végeztek a Kapos folyó völgyében, Kaposvár távlati vízellátásának feltételeit tisztázandó, valamint a Nyírségben a kótaji és nyírbélteki vízművek kapacitásának bővítése céljából. A Dunántúl Ny-i szegélyén folytak a Rába-völgyi vízkutatások Körmend térségében (1972–1973).

É-Dunántúlon Héreg község vízellátására szeizmikus és geoelektromos módszerrel kutatták a medence triász korú aljzatának szerkezetét és karsztvíz-feltáró fúrást telepítettek több vetőtalálkozási zónájára.

További módszertani kutatások irányultak karsztvíz feltárására alkalmas aljzati törésvonalak, vetők kimutatására a Mecsek előterében Pécs–Vasas-I–II. bánya térségében és Veszprém Ny-i peremén, Gárdony–Bikavölgyben. Később a Velencei-tó térségében is végeztek komplex (gravitációs, földmágneses, geoelektromos, szeizmikus), melegvíz feltárására irányuló kutatást. Közepes mélységű kutatás volt 1976-ban Pilisvörösvár, majd 1977-ben Piliscsaba térségében, valamint a Herceghalmi Á.G. megrendelésére vízfúrás kijelölése céljából.

A 70-es évek derekára befejező stádiumába lépett az ELGI jelentős expedíciós szerepe a mongóliai vízkutatásban. Ismertetése a 9.1. szakaszban és a *Magyar Geofizika* folyóiratban megtalálható. A 70-es évek második felében a vízkutató geofizikai tevékenység – jellegében és módszereiben megújulva – ismét döntően hazai területekre irányult a *regionalitás* jelszavával. Ennek előzménye az MTA tanulmánya, amely szerint a 70-es években a közműves ivóvíz-hálózat kapacitása 3,5 millió m<sup>3</sup>/nap. A várható vízigény 2000-ben 7,0 millió m<sup>3</sup>/nap, nagy részét felszín alatti készletekből, elsősorban folyó menti homok-kavics teraszokból, karbonátos képződményekhez kötött karsztvízből, valamint folyóvizektől távoli, jó vízáadó képességű, üledékes képződményekből kell biztosítani. Központi vízműveket olyan helyekre kell telepíteni, ahol többféle víznyerési lehetőség van, a vízbázis védhető szennyeződés ellen, és a különböző minőségű vizek keveredéséből adódó káros hatások kiküszöbölhetők. A célkitűzések megvalósítása érdekében meglapozott módszertani vizsgálatokkal folytatni kell az egész országra kiterjedően a vízföldtani adottságok részletesebb megismerését, a mélységi vízvagyon pontosabb felmérését, valamint az országos vízellátó rendszerbe bekapcsolható vízbányászatra alkalmas területek kijelölését.

Az ELGI regionális, vízföldtani célú geofizikai kutatásai – a KFH és az OVH erőforrásait felhasználva – 1978-ban kezdődtek meg Maros folyó pleisztocén kori



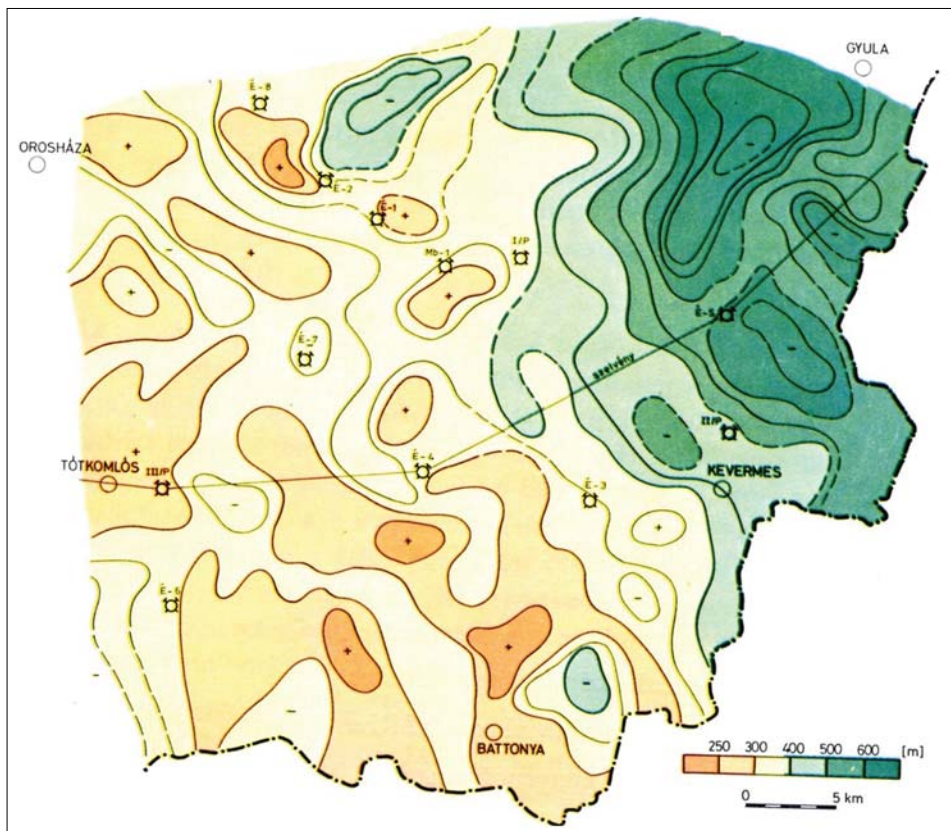
törmelékkúpjának komplex geofizikai vizsgálatával. Ezt követően 1980–1981-ben a Mohácsi-sziget térségében, majd 1981–1982-ben a Rába folyó Sárvár–Répcelak közötti szakaszán indult regionális vízkutatás. A 80-as évek legnagyobb volumenű, 1983–1990-ig tartó, regionális geofizikai kutatásai a Kisalföld program keretében valósultak meg. A kutatás teljes keresztmetszetében komplex geofizikai térképezés és mélyszerkezet-kutatás volt, de annak felszínközeli és középmélységű (0–500 m-ig) vizsgálatai az egész Kisalföld reménybeli vízbázisainak előzetes lehatárolását is megoldották.

### **5.1.2. A Maros hordalékkúpjának kutatása**

A Központi Földtani Hivatal és az Országos Vízügyi Hivatal 1978 tavaszán együttes határozattal döntött a Maros hordalékkúpjának közös erőforrásokra alapozott kutatási programjának végrehajtásáról. A kutatás célja, a DK-Magyarország regionális vízellátását biztosító rendszer Békés megye D-i – mintegy 1550 km<sup>2</sup> – területén feltételezett vízbázisnak és a vízkészletek utánpótlási viszonyainak komplex geofizikai módszerekkel történő vizsgálata.

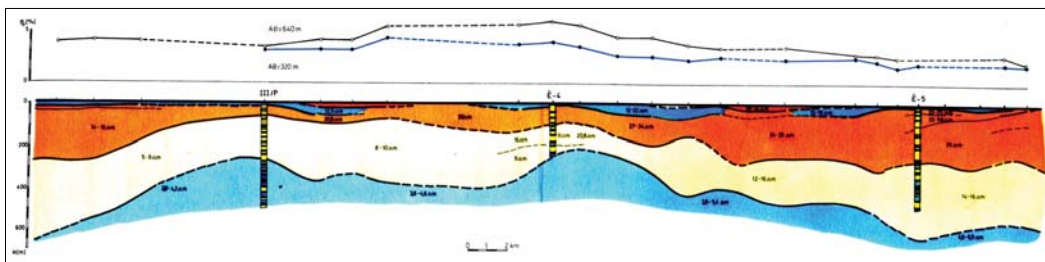
Vízföldtani feltárásokból készített becslések Békés megye területén mintegy 150 000 m<sup>3</sup>/nap kitermelhető felszín alatti vízkészletet valószínűsítene, amelynek nagy része az Ős-Maros vízrendszerének hordalékanyagában tárolódik. A célirányos kutatás kedvező esetben 100–110 ezer m<sup>3</sup>/nap vízkészletet, illetve az optimális kitermelés lehetőségének megismerését eredményezheti a hordalékkúp 200–500 m-es szakaszán feltételezett víztartó képződményekből. Ez a vízmennyiség részben vagy egészben biztosíthatja az egész megye ezredforduló utáni – elsősorban emberi fogyasztásra alkalmas (arzénmentes) – vízigényeit.

A terület földtani ismeretsége, valamint korábbi geofizikai mérési anyagok és fúrási szelvények elemzései alapján úgy ítélték, hogy a feladat megoldásához kombinált geoelektromos (VESZ, GP, MFS) mérések együttesét, valamint speciális sekélyreflexió s szeizmikus mérések és korszerű mélyfúrás-geofizikai vizsgálatok együttesét kell alkalmazni, hogy a rendkívül erősen rétegzett pleisztocén, felső pliocén összletekről elegendő információt nyerjenek. A kutatás során megvalósíthatónak tűnt a felszíni mérések, az azt követő fúrások, az anyagelemzések, és a távlati tervezés időben egymásra épülő rendszere. A geofizika itt alkalmazott először olyan új mérési és értelmezési technikát, mely a kutatás jövőjét alapvetően meghatározta.



5-10. ábra. A Maros hordalékkúpjának vastagságtérképe

A hordalékkúp kutatása 1978-ban felszíni geofizikai mérésekkel indult, és a 80-as évek végéig a fúrási feltárások és vízhozammérések után a vízművek tervezéséhez szükséges adatok összegzésével fejeződött be. A mérések során elsődleges szerepe volt a felszíni geoelektromos módszereknek (VESZ, GP, MFS). A VESZ módszert az egész területen 1,5–2 km/pont sűrűségű hálózatban alkalmazták. Ez az eljárás rendelkezett ugyanis megfelelő műszerezettséggel (DIAPIR-E), rutinszerűen alkalmazható terepi technológiával és megfelelően gépesített feldolgozási feltételekkel (HP-9845 számítógép). A mesterséges frekvenciaszondázásokat a gyorsabb mérés, sűrűbb információ és az anizotrópiamentes ellenálás- és mélységmeghatározás indokolta.



5-11. ábra. A Maros hordalékkúpjának egy geoelektromos szelvénye

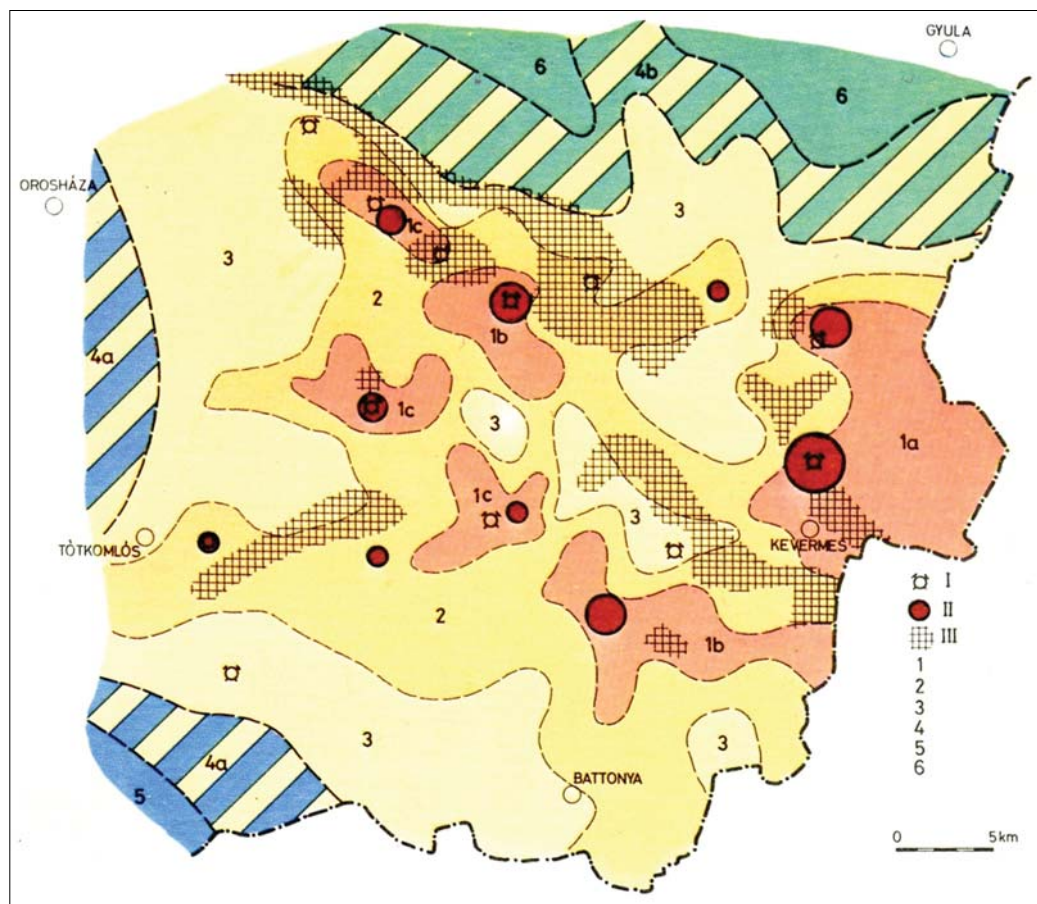
A terepi mérések feldolgozásával kapott adatok teljes mértékben megfeleltek a várakozásoknak. Az egész kutatási területen meghatározható volt a hordalékkúp teljes vastagsága és szerkezete. Metszetét egy regionális szelvényen mutatjuk be (5-11. ábra).

A hordalékkúp kutatásában a geofizika újszerűsége az volt, hogy először végeztek nagy mennyiségben, közel egyenletes hálózatban területi gerjesztettpolarizáció- (GP) méréseket. Megfelelő műszerezettséggel két geoelektromos paraméter ( $\rho$ ,  $P$ ) egyidejű meghatározásával új információk nyerhetők az erősen rétegzett összletek kutatásában.

A geofizikai mérések legjelentősebb földtani és vízföldtani eredménye a hordalékkúp területi és mélységi lehatárolása volt. A mélységi lehatárolás pontosabb. A horizontális kiterjedés határainak megvonása pontatlanabb. Ugyanis más folyók (Körös, Duna) által szállított hordalékok, valamint az Ős-Maros hordalékanyagai az átmeneti területeken közel azonosak, csupán a rétegek települési rendszerében különböznek.

A komplex kutatás leglényegesebb vízföldtani eredménye, hogy a közel 1600 km<sup>2</sup>-t kitevő területen a geofizikai méréseknek fúrási adatokkal alátámasztott értelmezésével meghatározták a hordalékkúp változó üledékföldtani viszonyait, lehatárolták és rangsorolták a különböző perspektívású területeket, és kijelölték a fúrásos feltárásokra legalkalmasabb területeket és azok legalkalmasabb térségeit. A hordalékkúp vízföldtani tagolása az 5-12. ábrán látható.

Igen jelentős volt az a módszertani vizsgálatsorozat, amely a GP módszer sikeres alkalmazásával új értelmezési lehetőséget teremtett a felszín alatti vízkutatásban. Itt alakult ki és kovácsolódott össze a korszerű vízkutatás fontosságát szem előtt tartó kutatócsoport. Ennek műszer- és módszerfejlesztő agytrösztjét Erkel A. és Simon P. alkották. A terepi stabil mérőcsoport oszlopos tagjai: Csapó I., Lipher I. Pálfalvi K. technikusok és



5-12. ábra. A Maros hordalékkúpjának vízföldtani tagolása. *Jelmagyarázat:* I – értelmező és pillérfúrások, II – javasolt vízmű területek, III – felszíni beszivárgás várható területei, 1 – a hordalékkúp legkedvezőbb vízföldtani területei, 2 – jó vízföldtani területek, 3 – közepes vagy gyengébb vízföldtani területek, 4 – a hordalékkúp peremi területei, 5 – dunai hordalékok területe, 6 – körösi hordalékok területe

a név szerint fel nem sorolt fizikai dolgozók. A különböző műszerekkel felvett óriási mérési anyagot Csörgei J., Dudás J., és Mágoriné hozták számítógépes feldolgozással az értelmezés közelébe. A fúrások lyuk-geofizikai méréseit ifj. Zilahi-Sebess L. irányította és végezte. A komplex kutatások szervezését, irányítását a geofizikai mérések és fúrási eredmények vízföldtani értelmezését Hobot J. és Draskovits P. csoportvezetők végezték.

A többéves kutatás fontos momentuma volt az a szakmai összhang, amelyben a geofizika és hidrogeológia jól megszervezett együttműködése érvényesült. A kutatásban részt vevő intézmények szakembereinek kölcsönös adatszolgáltatási készsége mindenkor korrekt volt, ez biztosította a kutatás összhangját, eredményességét. A komplex geofizikai-hidrologiai metodika és a kutatás kedvező eredményei lökést adtak újabb regionális vízkutatáshoz.

### 5.1.3. Mohács szigeti vízkutatás

A Mohácsi-szigeten négy év során (1981–85 között) – évenként néhány hónapos terepi mérésekkel, a sziget D-i harmadának kivételével – közel egyenletes VESZ hálózatot alakítottak ki. A Duna vonalában egy hosszanti MGSz szelvénnel, a háttérterületen pedig erre közel merőleges harántszelvényekkel tárták fel a közel felszíni képződményeket.

A kutatások témavezetője és a VESZ–GP-mérések irányítója, értelmezője *Draskovits Pál* volt. A terepi méréseket *Csapó István* és csoportja végezte. Az MGSz méréseket *Varga Józsefné* dolgozta fel.

### 5.1.4. A Rába-terasz és hordalékkúpjának kutatása

Szombathely és szélesebb térségének távlati vízellátására irányuló komplex kutatás a folyó Rábapaty–Nick–Kenyeri közötti szakaszán, annak mindkén oldali parti sávjának 3-3 km széles területén történt. A kutatásban az ELGI mérnök-geofizikai vizsgálatokkal, kombinált VESZ–GP-mérésekkel és kísérleti karotázsmérésekkel vett részt.

Az MGSz vizsgálatok feladata, hogy a folyó part menti zónájában és a tervezett kutatófúrások környezetében adatokat szolgáltatasson a 20–30 m-ig települt képződményekről. A közepes mélységtartományt (kb. 300 m-ig) VESZ–GP módszerrel a feladathoz eredményesen alkalmazható szondázó-szelvényező eljárások változataival kutattuk. A felszíni méréseket követő paraméterfúrásokban és a vízfeltáró kútcsoportokban a hagyományos karotázsméréseken kívül több kísérleti jellegű vizsgálat is történt (GP, laterolog, gamma–gamma, hőmérséklet stb.).

A vízfeltáráshoz javasolt három területrész közül kísérleti kútcsoportok Osffyasszonyfa és Kenyeri község térségében létesültek. Mindkét területen kútként 2000–3900 m<sup>3</sup>/nap közötti vízhozamot mértek.

### 5.1.5. A Mura és a Kerka folyók alluviumának kutatása

*Hobot József<sup>†</sup>, Draskovits Pál*

A 80-as évek középső harmadán, 1984–1985 között, valamint 1987-ben a KFH–OVH közös programja és finanszírozása mellett komplex geofizikai-hidrogeológiai kutatás történt a Kerka folyó felső (Lenti-medence), második lépésben annak alsó (Mura-medence) szakaszán, a térség felszín alatti vízbázisának meghatározására. A kutatás célja a Lenti város és környezete, valamint a Mura menti települések hosszú távú ivóvíz-ellátásának biztosítása.

A vízföldtani célú geofizikai kutatás a Mura magyar oldalán, valamint a Kerka vízgyűjtőjén mintegy három éven át folyt. A vizsgálandó terület földtani felépítése nem túl bonyolult: fiatal, vékony fedőképződmények alatt található a folyók nagy fajlagos ellenállású kavicsterasza, ez alatt pedig általános elterjedésben települnek a kis ellenállású agyagos-finomszemcsés képződmények. A fajlagos ellenállásban várható jelentős kontraszt miatt a kutatás a közel hálózatosan telepített sekély VESZ-ekre épült, emellett mérnök-geofizikai szondázásokat is alkalmaztunk.

A VESZ-görbék feldolgozása során azt tapasztaltuk, hogy az említett három rétegösszlet a teljes kutatási területen jól elkülöníthető. Ezért értelmes feladat volt az egyes összletek fajlagos ellenállásának és vastagságának területi vizsgálata, melynek során az alábbiakra jutottunk:

- A fedőképződmények legvékonyabbak (2-3 m) a Mura mentén, a folyótól távolodva vastagodnak, 8–10 km távolságban vastagságuk már meghaladja a 10–12 m-t.
- A fedőképződmények fajlagos ellenállása (amelyből ezek szemcseösszetételére következettünk) felismerhető területi rendszer nélkül 15  $\Omega$ m és 65  $\Omega$ m között változik.
- A kavicsterasz fajlagos ellenállása legnagyobb a folyó közvetlen közelében (250–300  $\Omega$ m), attól távolodva fokozatosan csökken, 10 km távolságban már 50  $\Omega$ m alá. Ez teljes összhangban van a folyó szállítási energiájának változásával: az áramló víz a fősodorhoz közel a legdurvább, attól távolodva már csak egyre finomabb szemcsék szállítására képes (ezért a folyótól távol kavicsterasz helyett inkább homokos teraszról beszélhetünk).
- A porózus teraszképződmények vastagsága legkisebb a folyó közvetlen közelében (mintegy 10 m), a kutatási terület szélén, a többször is említett 10 km körüli távolságban 30–35 m-re vastagszik.

A változások jellege teljesen megfelel a földtani alapú várakozásoknak, így feladatunk a változások mértékének területi ábrázolása és azok értelmezése volt. A mérnök-geofizikai módszer fő hozadéka a fedő részletesebb megismerése volt, ugyanis a durva szemcsés kavicsteraszban az MGSz általában rövid (legfeljebb 1-2 m-es) behatolás után elakadt. A megválaszolandó fő kérdések az alábbiak voltak:

- területileg hogyan változik a kavicsterasz vízföldtani értéke, és
- a vízbázis mennyire védett a felszíni esetleges szennyeződésektől.

Ezeket a kérdéseket a szokványos paraméterekből számított, kevésbé szokványos, közvetlen fizikai jelentéssel nem bíró értékek térképi ábrázolásával választottuk meg.

Egy fedő általában annál jobban védi az alatta levő képződményeket, minél nagyobb a vastagsága és minél finomabb szemcséjű (minél agyagosabb) az összetétele, azaz minél kisebb a fajlagos ellenállása. Ezért a fedőre célszerű a  $H/p$  (vastagság/fajlagos ellenállás) hányadost kiszámítani: a tört értéke annál nagyobb, minél nagyobb a számlálója, és minél kisebb a nevezője. Így a fenti hányados a fedő védőképességét jellemzi.

Egy kavicsterasz vízföldtani szempontból annál értékesebb, minél több mobilizálható vizet tud tárolni: minél nagyobb annak vastagsága, összetétele pedig minél durvább szemű (fajlagos ellenállása minél nagyobb). Ezért hasonló gondolatmenet alapján a terasz vízföldtani értéke a két paraméter szorzatával jellemezhető, azaz a teraszra célszerű a  $H \cdot p$  értéket számítani.

A térképek szerint a kavicsterasz vízföldtani értéke közvetlenül a Mura mellett a legnagyobb, attól távolodva fokozatosan csökken. Ugyanakkor a fedő épp ebben a régióban védi legkevésbé a teraszban tárolt vizet, a folyótól távolodva a védőképesség fokozatosan nő. Egy későbbi, immár vízbeszerzésre irányuló részletesebb kutatás feladata tehát valamilyen kompromisszum keresése: olyan távolságra menni a folyótól, ahol a kavicsterasz vízföldtani értéke még elég jó, a fedő védőképessége pedig már elfogadható.

Végül érdekességként megemlíjtük, hogy ezen a területen a kavicsterasz fajlagos ellenállása határozottan ellentétes tendenciát mutat, mint a közel ugyanerre a mélységre vonatkozó látszólagos polarizálhatóság értékei. Ez összhangban van azokkal a korábbi tapasztalatainkkal, hogy azonos, egyéb körülmények mellett a legdurvább szemcséjű képződmények polarizálhatóságminimummal jellemezhetők.

A kutatás első fázisában, a Lenti-medencében elvégzett mérések fontosabb eredményei a következők:



- 1) Meghatározták a perspektivikus víztároló összelek vastagságát és a medence litológiájára jellemző geofizikai paramétereiket. Feltérképezték a pleisztocén korú összelek horizontális és mélységi elterjedését.
- 2) Komplex vizsgálatokkal megállapították, hogy a felső törmelékes összelelből jelentős mennyiségű víz nyerhető, amely viszont kevésbé védett a felszíni szennyeződésektől, ezért regionális ivóvíz-bázisként csak részben vehető számításba. Jónak ítélték viszont az alsó vízáadó összeletet, ahol még a nagyobb mélységben is vastag homokrétegek vannak. Szennyeződéstől a nagy szivárgási úthossz védelmet biztosít.
- 3) Az előkutatási fázis végén feltáró fúrások mélyültek, és ezekben teljes körű karotázs- és hidrogeológiai vizsgálatok történtek. A lentikápolnai fúrásban az alsó szakasz legfelső rétegeinek szűrőzése után végzett kompresszorozással 2000 l/perc (közelítően 3000 m<sup>3</sup>/nap) vízmennyiséget mértek. A két másik fúrásból is hasonló eredményeket vártak.

A címben jelzett kutatás második fázisa 1987-ben a Mura folyó bal partjának váltakozó szélességű sávjában, Letenye–Molnári között folytatódott. A kutatást lényegében azonos módszerekkel (VESZ–GP és MGSz) végezték a kisebb mélységben rétegek, összelek kimutatására.

A kutatás legfontosabb eredménye az volt, hogy meghatározták a Mura folyó felszínközeli kavicsterasának települési mélységét, vastagságát (10–30 m), fajlagos ellenállását (100–350 ohm), elterjedésének ÉK-i határait. Meghatározták a terasz fedő- és fekűképződményeinek lényegesebb paramétereit. Értelmezésük alapján két ponton kísérleti fúrást javasoltak.

A geofizikai kutatások témavezetője, a mérések irányítója és értelmezője a Lenti-medencében és a Mura-völgyben egyaránt *Draskovits Pál* volt. Az MGSz vizsgálatokat Lenti térségében *Dobrovolni Károly*, a Mura-völgyben *Fejes Imre* irányították.

### 5.1.6. Újabb vízkutatás a Rába mentén

*Hobot József<sup>†</sup>*

A kisalföldi kutatások már lecsengő fázisában (1987–1990) még számos területen végeztek vízkutató geofizikai méréseket a Rába folyó mentén. Jelentősek voltak a Rum–Ikervár közötti szakaszon végzett mérések. A kutatás célja Szombathely és térsége távlati vízellátása volt. A mérések szerint a víztároló összelet alsó határa a terület nagy részén 500–600 m mélységben van.



A regionális komplex vízkutatást és a mongóliai expedíciós méréseket a Geofizikai Kutatási Főosztályon *Hobot József* irányította, a kistérségi vízművek, folyóteraszok és mérnök-geofizikai jellegű feladatok irányító felelőse *Jósa Ernő* volt. A mélyvíz-kutatás a Dunántúli Kutatási Főosztályhoz tartozott *Szabadváry László* vezetésével.

A kutatási témák előkészítésében, végrehajtásában és az értelmezésben részt vettek: *Dobrovolni Károly, Draskovits Pál, Dudás József, Fejes Imre, Hoffer Egon, Kakas Kristóf, Lányi János, Majkuth Tamás, Magyar Balázs, Nyitrai Tibor, Pattantyús Á. Miklós, Polcz Iván, Pollhammer Manóné, Rákóczy István, Ráner Géza, Szalay István, Verő László, Zsille Antal.* A terepi mérések végrehajtásában *Csapó István* és brigádja, az adatok feldolgozásában *Szabó Margit, Varga Józsefné* és *Mágori Zoltánné* vett részt. A Maros hordalékkúpja témában a karotázsméréseket *ifj. Zilahi-Sebess László* irányította, dolgozta fel és értelmezte.

### 5.1.7. A Kisalföld regionális vízkutatása

A tájegység komplex földtani kutatása az 1982-ben elfogadott KFH program alapján, összehangolt MÁFI–ELGI éves munkatervek szerint, 1982–1989 között valósult meg.

A komplex kutatásban a geofizika feladata a változatos kifejlődésű és településű medenceüledékek, valamint a különböző korú és szerkezeti helyzetű aljzati képződmények fizikai paramétereinek meghatározásával egységes geofizikai adatbázis és térképsorozat létrehozása volt. A kutatás eredményeit a regionális földtani értelmezés, a területi vízgazdálkodás, a környezetvédelem, a mezőgazdaság és a területfejlesztés hasznosíthatja, de a mélyszerkezeti információk fontos szerepet kaphatnak a szénhidrogén- és hévízkutatásban is. A különböző módszereket alkalmazó kutatás a behatolási mélység, a várható eredményesség alapján három mélységintervallumra terjedt ki:

- a felszínközeli (10–20 m) rétegeket mérnök-geofizikai szondázásokkal (ld. 6.1.1. szakasz),
- a közepes mélységig (500–700 m) települt képződményeket vertikális elektromos szondázás (VESZ) és gerjesztett polarizációs (GP) módszerekkel,
- a medence nagyszerkezeti elemeit tellurikus (TE), magnetotellurikus (MT) és szeizmikus mérésekkel vizsgálták. A program menetrendje szerint a geofizikai vizsgálatok alapját képező terepi mérések – módszerenként időben eltolódva – 1989 végéig befejeződtek.

Az éves kutatásokról, módszerenként rövid terjedelemben az ELGI aktuális *Évi Jelentése* beszámolt. A nyolcéves kisalföldi kutatási program geofizikai tevékenységének legfontosabb eleme az ún. közepes mélységtartomány

(kb.100–500 m közötti) kutatás volt, mely minden korábbi kutatásból kimaradt. E mélységtartománynak itt elsősorban vízföldtani jelentősége van, mert a jövő évtizedek vízbázisai ebben a térségben csak 100 m-nél mélyebb rétegekben valószínűsíthetők. Ennek alapján a közepes mélységtartomány geofizikai vizsgálatának elsődleges földtani célja a felszíntől mintegy 500–700 m mélységig települt – elsősorban negyedidőszaki – képződmények szerkezeti, litológiai, rétegtani viszonyainak megismerése volt.

A vizsgálatokat VESZ szondázásokkal egy ütemben végzett, kombinált GP-mérésekkel végezték. A felszíni mérésekből származó fajlagos ellenállás ( $\rho$ ) és polarizálhatósági ( $P$ ) paramétereknek, valamint a korábbi és a területi kutatás során mélyített fúrásokból származó adatoknak az együttes értelmezésével közvetlen információkat nyertek a pleisztocén és pannóniai összletek felépítéséről, a részmedencék kapcsolatáról, a jelentősebb víztároló képződmények horizontális és vertikális elhelyezkedéséről és a perspektivikus vízbázisok minőségi osztályozhatóságáról.

Az ELGI különkiadványában (ld. az irodalomjegyzéket) számos szelvény és térkép bemutatásával tették közzé e vizsgálatok eredményeit. Ennek szerzői *Hobot József, Dudás József, Draskovits Pál* voltak.

A méréseket a főbb szerkezeti irányokra merőleges vonalak mentén, AMNB elrendezéssel, DIAPIR-E és DIAPIR-18 típusú ELGI-gyártmányú műszerekkel, 6-7 km/pont átlagsűrűséggel végezték. A VESZ mérések (AB max. = 4000) behatolási mélysége a földtani felépítéstől függően max. 1000 m, a GP-mérések információi viszont csak a felső 150–200 m-ig települt képződményekre jellemzőek.

A kutatás 8 éve alatt, a mintegy 9000 km<sup>2</sup>-nyi területen 1268 ponton végeztek 4000 m-es AB távolságú szondázást (VESZ). A mérések 22%-án GP-szondázást, a többi ponton különböző AB távolságok mellett GP-szelvényezést is végeztek. A VESZ-görbéket korabeli számítógépeken, Marquard-algoritmust alkalmazó programmal dolgozták fel. A mérési és kiértékelési paramétereket, majd a geofizikai-földtani értelmezés végeredményeit mágneslemezen rögzítették, amelyek később egységes rendszer szerint szervezett, komplex geofizikai adatbázisba kerültek. A Térképezési Főosztály adatbázis-építésének köszönhetően a kisalföldi geoelektromos mérések (VESZ, GP) egységesen digitális adatbázisban rendelkezésre állnak. Egy NKFP projektnek (Kiss et al. 2004) köszönhetően elkészültek a Dunántúl invertált fajlagosellenállás-térképei különböző mélységre, valamint a GP-térképek a Kisalföld területére.

A VESZ mérési görbék kiértékelésével – a módszer felbontóképességi határán belül – meghatározták az egyes rétegek ellenállását és vastagságát. A különböző földtani képződmények fajlagos ellenállásának – mint anyagi jellemzőknek – változásait az egyes rétegek vastagságával súlyozott ún. átlagellenállás-értékek térképi ábrázolásával tették személetesé. Ilyen térképek az elsődleges ellenállásértékekből a felszíntől számított különböző (50, 100, 200, 500 m) mélységhatárig illetve egyes mélységközökre (0–50, 50–100, 100–200, 200–500 m) egyaránt előállíthatóak voltak.

A litológiai vázlatok adataiból, valamint a nagyobb mélységekre is jellemző, de már sok bizonytalansággal meghatározott  $P$  értékekből és az igen jól mérhető ellenállásértékekből összesítő litológiai térkép készült. Ez a térkép – mivel mélyebbről származó információkat is tartalmaz – mutatja meg legkifejezőbben és összefoglalóan a VESZ–GP-méréseknek a Kisalföld teljes területére vonatkozó üledékföldtani értelmezését, az összes középmélységű (200 m) információt, s a jelmagyarázója alapján értékelhetők a különböző területegységek vízbeszerzési perspektívái. Hogy egy-egy területen vagy területrészen a legjobb vízadó réteg vagy rétegsor az összletnek milyen mélységben van, az a különböző mélységintervallumú litológiai vázlatokkal és ellenállástérképekkel megfelelő biztonsággal meghatározható. A térképen jól érzékelhető, hogy a Kisalföld kutatott területe 5 eltérő üledékföldtani egységre, ezzel összefüggően különböző vízföldtani tájegységekre osztható. A térkép alapján megadott vízföldtani értékelés az információsűrűségnek megfelelő, regionális léptékű. Megjegyzendő, hogy bármilyen feltáró (fúrás-) vagy termelő (vízmű-) létesítmény telepítése előtt a jelzett vízbázisok részletesebb megismerése és lehatárolása céljából kiegészítő vizsgálatok még szükségesek.

A közel egy évtizedre kiterjedő Kisalföld középmélységű geofizikai kutatását és az adatok feldolgozását, értelmezését *Hobot József* és *Dudás József*, a méréseket *Csapó István* és brigádja végezte.

## Irodalom

- Hobot J., Draskovits P., Dudás J. (1994): *Geophysical Transactions* 39/2–3, 115–137
- Hobot J., Zsille A. (1998): *Geofizikai kutatások Mongóliában. Magyar Geofizika* 39/4, 133–150
- Kiss J., Sörös L., Tildy P. (2004): A hulladékok optimális elhelyezésének lehetőségei (Magyarország környezetföldtani és földrajzi adottságainak értékelése hulladék-elhelyezés szempontjából). NKFP nyilvántartási száma: 3/053/2001. 6–7. Részfeladatok:

- A hulladékelhelyezésre alkalmas területek rangsorolása és a végtermék összeállítása  
2004. Megbízó: OM–NKFP
- Nemesi L. (1994): A Kisalföld geofizikai kutatásai eredményeinek összefoglalása – Előszó.  
Geophysical Transactions 39/2–3, 91–94
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1968: Jósa E., Szabadváry L., pp. 58–64
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1969: Kakas K., Jósa E., Ráner G., Szabadváry L., pp. 49–56
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1970: Hoffer E., Pollhammer M.-né, Sz. Pintér A., Szabadváry L., Szalay I., pp. 37–49
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1971: Polcz I., Szabadváry L., Dobrovolni K., Jósa E., Rezessy G., Szabó M., Varga J.-né, pp. 47–52
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1972: Polcz I., Szabadváry L., Jósa E., Szabó M., Varga J.-né pp. 47–53
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1973: Fejes I., Jósa E., Varga J.-né, pp. 45–47
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1975: Braun L., Dudás J., Dobrovolni K., Fejes I., Jósa E., Varga J.-né, pp. 36–37
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1976: Dudás J., Dobrovolni K., Fejes I., Magyar B., Jósa E., Rákóczy I., Szabó M., Varga J.-né, pp. 48–52
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1977: Dobrovolni K., Fejes I., Magyar B., Jósa E., Szabó M., Varga J.-né, pp. 50–54
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1978: Bognár E., Dobrovolni K., Draskovits P., Halász P., Hobot J., Jósa E., pp. 36–40
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1979: Hoffer E., Rákóczy I., Draskovits P., Hobot J., pp. 38–40
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1980: Draskovits P., Hobot J., pp. 45–54
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1981: Draskovits P., Dudás J., Hobot J., Varga J., pp. 36–40
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1982: Draskovits P., Dudás J., Hobot J., pp. 72–81
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1984: Pattantyús Á. M., pp. 65–67
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1985: Draskovits P., Fejes I., pp. 57–60
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1986: Varga J., pp. 95–99
- A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évi jelentése 1987: Draskovits P., Fejes I., pp. 61–64

## 5.2. Környezetvédelemi célú geofizikai kutatások

*Fejes Imre<sup>†</sup>*

A Geofizikai Intézet környezetvédelmi tevékenységének nincsenek nagy hagyományai. A témakörben ugyan az első megbízás 1976-ban volt, de az évenként kiadott jelentések száma csak 1980-ban érte el az ötöt, ezután az 1988 körüli években van egy kis felfutás (1988-ban 11 jelentés). Jelentős, ugrásszerű növekedés a szovjet hadsereg kivonulásával kapcsolatban 1991-ben és 1992-ben volt. Ebben a két évben közel 70 kiürített katonai objektumról készült jelentés vagy szakvélemény, és voltak olyan esetek is, amikor a jelentéskészítésre egyszerűen nem volt idő. A tárgyalásokon ilyenkor a nyers mérési eredmények alapján születtek döntések. Az utókor számára – sajnos – ezek az eredmények elvesztek. Ezután az ilyen irányú tevékenység, az Intézet nagyarányú leépítése miatt nagyrészt kikerült az Intézetből. A felszínközeli környezetvédelmi problémák zömének geofizikai megoldása az Intézetből kivált ELGOSCAR Kft.-ben folyik tovább.

Az Intézet ilyen és hasonló jellegű feladatai 1994-től a Mérnökgeofizikai Főosztályhoz tartoznak. Az elkövetkező néhány év legfontosabb környezetvédelmi célú munkája a radioaktív hulladékok elhelyezésével volt kapcsolatos. A kis és közepes aktivitású hulladékok elhelyezésére kiszemelt üveghutai tároló vizsgálata tette ki az elmúlt évek munkáinak jó részét, majd reményeink szerint a nagy aktivitású hulladékok elhelyezésének lehetséges helye (a Pécstől nyugatra található bodai aleurolitformáció (BAF)) kutatása fog munkát adni. A Püspökszilágy mellett jelenleg is üzemelő lerakó vizsgálata is adott alkalmi feladatokat.

Az Intézethez eljutott környezetvédelmi megbízások természetesen mind a talajjal kapcsolatosak. Mivel a talajba jutó anyagok kikerülnek látókörünkől, mozgásukról általában semmit sem tudunk, amikor pedig tudomást szerzünk azokról, már nagy a baj. Ilyen körülmények között különös jelentősége van a megelőzésnek. Intézetünk környezetvédelmi tevékenysége is döntően erre irányult. Hozzájárul ehhez az a tény, hogy a szennyező anyagok fizikai tulajdonságai nem, vagy csak alig különböznek környezetükeiktől, mennyiségük is elenyésző a befogadó kőzetanyaghoz képest, így geofizikai mód-

szerekkel alig lehetséges kimutatni azokat. Igen pontosan lehetséges viszont a földtani szerkezet megismerése, azon belül a porózus – a szennyeződés mozgását lehetővé tevő – részek kijelölése és geometriai helyzetük meghatározása. Ennek ismeretében a problémamegoldás már nem bonyolult dolog.

A megbízások nagyjából három csoportba sorolhatók: meglévő szennyeződések méreteinek és eredetének felkutatása, alkalmas hulladéklerakó-helyek keresése és meglévő létesítmények szennyeződésveszélyeztetettségének vizsgálata. Minden esetben elsőrendű fontosságú a földtani szerkezet és a talajvíz elhelyezkedésének ismerete. A feladatok megoldása is elsősorban ezekre irányul. Több esetben bebizonyosodott, hogy a földtani szerkezet ismerete nélkül vaktában vett minták félrevezetőek lehetnek.

Felszínközelségben (néhány vagy néhányszor tíz méteres mélységben), mobilis üledékekben a szerkezet feltárására a *mérnök-geofizikai szondázás* nagyon jól alkalmazható. (A környezetvédelmi problémák az esetek többségében a felszín közelében és mobilis üledékekben (homok, agyag) lépnek fel.) A csúcsellenállás és a természetes gamma-aktivitás ellentétes viselkedése élesen jelzi a vízzáró-vízvezető határfelületeket.

A *geoelektromos módszerek* használhatóságának kulcsa a homokok és az agyagok elektromos fajlagos ellenállása között meglévő nagyságrendnyi különbség. Fontosságuk sorrendjében a kis mélységű összletek vizsgálatában a *vertikális elektromos szondázás*, az *induktívellenállás-szelvényezés* és az *egyenáramú horizontálisellenállás-szelvényezés* játszik szerepet. A radioaktív hulladékok lerakóival kapcsolatban – mivel esetükben nagyobb mélységek (néhányszor 10, illetve néhányszor 100 m-es mélységek) vizsgálata szükséges – használatban volt a *transziens módszer* és a *magnetotellurikus szondázás* is.

A *szeizmikus módszer* környezetvédelmi felhasználása is a néhányszor 10, illetve a néhányszor 100 m-es mélységek kutatásában jelentős.

Egy esetben veszélyes hulladékkal telt vashordók kimutatására *mágneses módszert* ( $\Delta T$ ) alkalmaztunk.

A témák megoldásában rendkívül sokan vettek részt, de senki sem játszott a kérdésben olyan fontos szerepet, mint Jósa Ernő. A számos ilyen témájú jelentés és szakvélemény nagy részének szerzője vagy társszerzője volt. A jelentések illetve publikációk szerzői (gyakoriságuktól eltekintve): Dobrovolni Károly, Fejes Imre, Magyar Balázs, Szabó Margit, Szalma Sándor, Varga Józsefné.

### 5.2.1. Kis mélységű mobilis szennyeződések kutatása

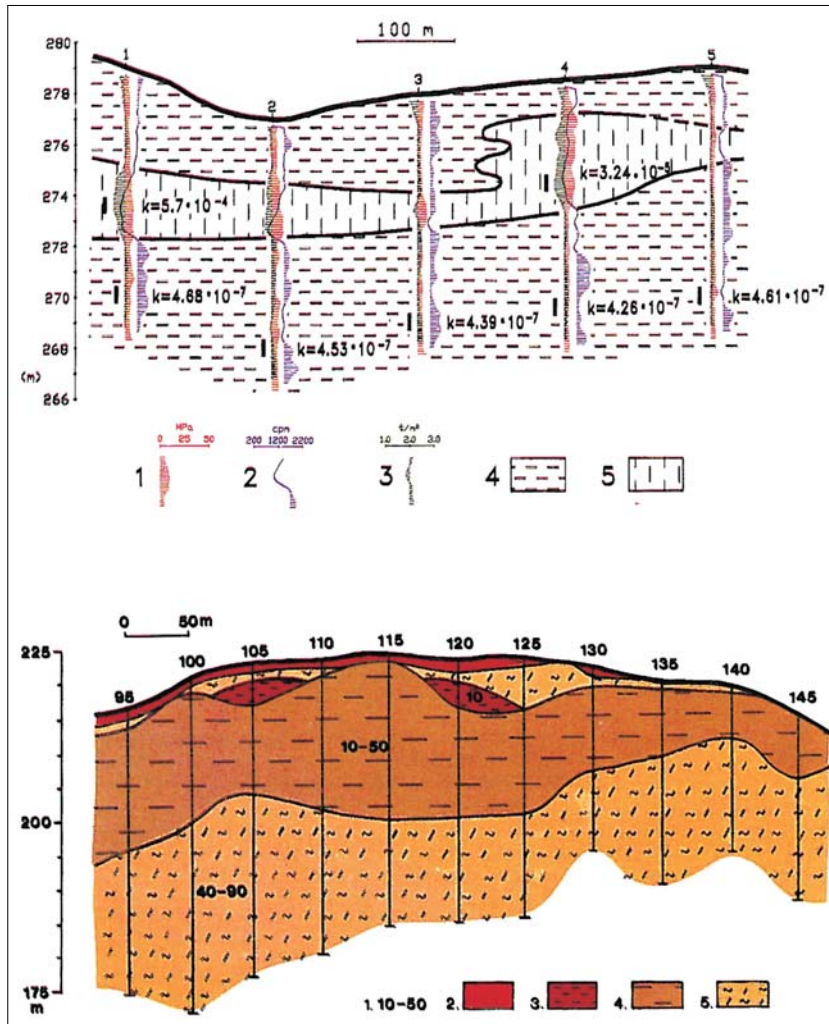
A kis mélységekben és mobilis üledékekben végzett kutatások nagyjából azonos recept szerint folytak. Kis állomástávolságokkal (néhány vagy néhányszor 10 m) egy előre elhatározott mélységig megállapították a földtani felépítést és a talajvízszinteket, fizikai paramétereik és rendelkezésre álló geológiai ismeretek alapján azonosították az előforduló képződményeket, ha lehetett, meghatározták a vízáteresztő képességüket. Az esetek jelentős részében ez elég is volt a következtetés levonására.

Gyakran sor került azonban mintavételezésre (vízmintát a mérnök-geofizikai szondázó berendezés mintavevőjével, talajmintát spirálfúróval vesznek). Ilyenkor a végeredmény sokszor a mintaelemzések után szerkesztett koncentrációtérkép (általában valamilyen szennyeződés koncentrációjának térképe) volt. Számos ilyen jellegű jelentés született, melyeknek még a felsorolásuk is hosszú lenne, tanulságai miatt megemlítjük azonban a Pécelen (1989) és a Rinyaszentkirályon (1991) végzett munkát.

A péceli vasútállomáson történt baleset (1989) következtében egy tartálykocsi tartalma (mintegy 80 t gázolaj) kiömlött. Az anyag egy része elfolyt (valamennyit sikerült felfogni ebből), jelentős része azonban a talajba szivárgott. A helyszíntől nem messze – ráadásul lejtő irányban – három aktív vízmű kút van, amelyek elszennyeződésének a veszélye sokakat megijesztett. Rövid idő alatt lemélyítettek az anyag visszanyerése céljából egy töltés menti kútsort és a vízműkutak közelében, a szennyeződés felőli oldalon két db 150 m mélységű ún. vízszintsüllyesztő kutat. Egyik sem váltotta be a reményeket. Geofizikai vizsgálatokra csak hónapokkal az eredménytelen intézkedések után került sor. A „töltött test” módszerrel végrehajtott szivárgásiirány-vizsgálat oldalirányú eláramlást jelezett. Ezután a már helyes irányban telepített felfogókutak jelentős anyagmennyiséget visszanyertek, a vízműkutak pedig nem kerültek veszélybe.

Az esetnek két fontos tanulsága van.

- A mentőintézkedésekre (felfogó kútsor, vízszintsüllyesztő kutak) fölöslegesen elköltött összeg többszöröse a geofizikai vizsgálatok költségeinek. (Ezt a tényt akár szakmánk reklámjának is tekinthetjük.)
- Még magas műszaki képzettségű emberek sem gondolnak arra, hogy a felszín alatti világnak szerkezete van, és azt igen változatos tulajdonságú képződmények építik fel.



5-13. ábra. Veszélyes hulladék tárolására kiszemelt területek vizsgálatának geofizikai szelvényei. *Felül:* Beret község mellett (Zemplén megye). *Jelmagyarázat:* 1 – csúcsellenállás, 2 – természetes gamma-aktivitás, 3 – térfogatsúly, 4 – vízzáró és 5 – kevésbé vízzáró képződmények, 6 – vízvezető képesség ( $k$ , cm/sec). *Alul:* Vértesacska (Fejér megye) mellett. *Jelmagyarázat:* 1 – fajlagos ellenállás, 2 – agyagos talaj, 3 – kővér agyag, 4 – agyag meszes betelepülésekkel, 5 – meszes, homokos agyag



*Rinyaszentkirályon* (1991) születési rendellenességek sorozata keltett riadalmat, amelyet számos vegyszer idézhetett elő. Ezek között a mezőgazdaságban használatosak is előfordultak. A probléma megoldását senki sem várta a geofizikától, de büszkéek lehetünk arra, hogy mérnök-geofizikai szondázással mindössze egy rövid munkanap alatt sikerült négy ponton feltárni a földtani összetételt, tisztázni a talajvíztükör dőlésviszonyait, mindegyik ponton a kritikus mélységben megmérni a legporózusabb képződmény vízvezető képességét és vízmintákat venni. Az eredmények alapján a levegőből szórt permetező-szer kizárható volt.

Az évtizedeken át *ideiglenesen hazánkban állomásozó szovjet hadsereg* 171 kiürített objektumot hagyott ránk. A kivonulás során azzal a követeléssel álltak elő, hogy Magyarország fizesse ki a nem elszállítható létesítmények árát. Valóban, repülőterek, számos tiszti lakótelep, laktanyák és más „hasznos” építmények maradtak ránk, mi azonban nem tudtunk mit kezdeni ezekkel. Egyszerűen nem volt szükség ezekre, színvonaluk pedig – enyhén szólva – nem ütötte meg a mértéket. A létesítmények haszontalanságát a tárgyalások során nem lehetett bizonyítani, ez számunkra is csak évek múltán vált nyilvánvalóvá. A követeléssel csak az általuk okozott környezeti károkat lehetett szembeállítani, de ezek megbecsülése a rendelkezésre álló rövid idő alatt megoldhatatlannak tűnt.

Az Intézet mérnök-geofizikára szakosodott részlege ekkor már rutinszerűen alkalmazta a mérnök-geofizikai szondázást, amely a felszínközeli földtani környezet gyors megismerése után a rétegszelektív vízmintavételt is lehetővé tette. (A talajmintavétel spirálfúróval történt.) A módszerre alapozva a következő költségbecslési eljárást dolgozták ki:

- helyszíni szemle, a geofizikai vizsgálatok szükségességének megállapítása, a vizsgálati helyek kijelölése,
- geoelektromos felszíni vizsgálatok indukciós eljárással (EM-31), a zavartalan és a háborgatott körzetek elkülönítése,
- mérnök-geofizikai szondázások (8–10 m mélységig), a földtani felépítés és a talajvízszint megismerése,
- rétegszelektív talajvízminták és talajminták kiemelése a legjellemzőbb mélységszakaszokról,
- laborvizsgálatok szaklaboratóriumban,
- közelítő számítások a szennyezett talaj mennyiségének megállapítására,
- az elhárítás várható költségeinek megbecslése.

A probléma megoldására ez igen hatékony és főleg nagyon gyors módszer volt, a gyorsaságból eredően viszont elég nagy volt a hibája, az így kapott összegek csak közelítő becslést tettek lehetővé. Az eljárás előnyeinek bizonyítása céljából sor került néhány igen látványos bemutatóra, amelyek nyomán a szovjet tárgyaló fél elfogadta az eljárás bizonyító erejét. Egy bemutatás során – például – az elhagyott katonai repülőtér legszennyezettebbnek mutatkozó részén egy markológép ásott néhány kanálnyi gödröt. A bemutató végére arasznyi vastagságban gyűlt össze a kerozin. A kiemelt konzevdoboznyi mintát a résztvevők a helyszínen meggyújtották. Az eset után a szovjet haderők parancsnoksága biztost nevezett ki, aki mérőbrigádjaink számára mindenütt lehetővé tette a szabad mozgást. Furcsa érzés volt saját hazánkban olyan helyeken mozogni és dolgozni, amelyek addig még a térképen sem voltak ábrázolva.

Munkánk során találtunk rengeteg kapkodva eltemetett vegyes hulladékot, több ezer tonna üzemanyagot (ezek egy része kitermelés után hasznosítható volt), egy helyen pedig veszélyes kórházi hulladékot. Nem találtunk viszont a talajban sehol sem a háttérnél nagyobb radioaktív sugárzást, pedig azt a mérnök-geofizikai szondázások során biztosan felismertük volna. A korábbi szovjet katonai telephelyek mintegy kétharmadának átvizsgálása után olyan jelentős összeg jött ki, amely még hozzávetőlegesen is felülmúlta a telephelyek forgalmi értékét, így az ún. nullszaldó (senki sem fizet senkinek) kialakulása során még hazánk képviselői tettek engedményt. Ebben a jelentős kérdésben intézetünk – azon belül a Mérnökgeofizikai és Környezetvédelmi Osztály – elévülhetetlen érdemeket szerzett. Jelentős szerepe volt *Magyar Balázsnak*, aki a Szovjetunióban szerzett diplomát, így nemcsak nyelvet, a szakmát és az intézet lehetőségeit, hanem az orosz mentalitást is jól ismerte.

### **5.2.2. Radioaktív hulladék-lerakók építésének előkészítése, állapotának ellenőrzése**

Ma hazánkban radioaktív hulladékokat befogadó lerakó annak idején csak *Püspökszilágyon* működött. Itt a felszín közelében történt az elhelyezés, ezért a feladat nagyon hasonlít a korábbiakhoz. A lerakó létesítésekor elődeink eléggé felületesek voltak, így ma még az sem egyértelmű, hogy fennmaradhat-e, vagy meg kell szüntetni. A máig összegyűlt geológiai és geofizikai adatok alapján mindenestre nem lehet ítéletet mondani, a munka folytatódik.

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezésére először kiszemelt terület Feked és Véménd között helyezkedik el, de területi hovatartozása miatt *Ófalu* néven vált ismertté. Itt számos fúrás mellett, 15 ponton mérnök-geofizikai szondázás történt 20 m-t meghaladó mélységig. A mérési adatokat paraméterenként külön dolgozták fel, és a részletes felbontás eredményeként a terület alkalmasnak találtatott.

Mai véleményünk ezzel nem egyezik, az azóta szerzett tapasztalatok alapján ma törésnek ítéljük az ott részletesen feltárt szerkezetet, de végül nem emiatt vetették el a terület használatba vételét. Az újabb koncepció szerint nem a felszín közelében, hanem 300 m körüli mélységben kell a tárolót kialakítani. Az ország egész területére kiterjedő szűrés történt a hely kiválasztására, ami után nagyon sok szempont figyelembevételével Üveghutát választották ki. (*Üveghuta* egy nem létező falu. Az ötven éve eltűntetett sváb település területe ma Bátapátihoz tartozik.) Itt a mai felfogás szerint gránitban lesz a lerakó. A feladat a korábbiaktól eléggé eltérő kutatómódszereket igényelt.

Az üveghutai helyszín vizsgálatát szakmai tekintetben kezdettől fogva *Balla Zoltán* (MÁFI) irányította. Ő egységes kutatási szemlélettel egyaránt támaszkodott geológiai és geofizikai módszerekre és eredményekre. A kutatás során a két tudományág kölcsönösen felhasználta egymás eredményeit. Felőlünk nézve ez abból látszott a legjobban, hogy a kutatás előrehaladtával rohamosan nőtt a felhasználható – pontosan dokumentált – fúrási ismeretek halmaza.

A gránitot fedő 30–50 m vastagságú – döntően löszből álló – fedő geofizikai vizsgálata geoelektromos (VESZ), elektromágneses (tranziens, magnetotellurika) és szeizmikus (reflexiós, refrakciós) módszerekkel, valamint mérnök-geofizikai szondázással történt. A csak makroméretekből homogénizálódott gránit kutatásához a felszíni módszerek csak a gravitációs anomáliák értelmezésével és a sokszor nehezen értelmezhető szeizmikus eredményekkel járultak hozzá.

A kutatás minden szakaszában nagy szerepe volt a mélyfúrás-geofizikának, amely a fajlagos ellenállás és a mágneses szuszceptibilitás alapján bontani tudta a lösztakarót, és jelentősen hozzájárult a gránit belső szerkezetének megismeréséhez.

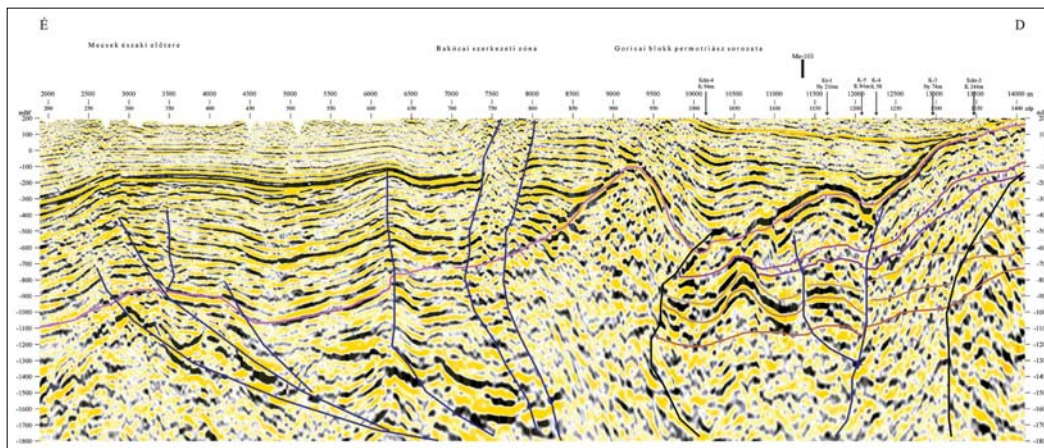
A *bodai aleurolit* a nagy aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezésével kapcsolatban került a figyelem középpontjába. Ez az egész világon nagy gondot jelent, mondhatjuk, hogy a kérdés máig megoldatlan. Van olyan nemzetközi ajánlás, amely a gránitot és a sötömszőket ajánlja befogadó kőzetnek, de korábban említést sem tett az aleuritől. Azonban az igen nagy vastagságban meglévő

üledékes képződmény, amely átment némi metamorfózison is, minden tekintetben alkalmasnak látszik. Annyira, hogy a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség bevette ajánlásai közé.

Annak ellenére nagyon keveset tudunk róla, hogy a korábbi uránbányászás során sok fúrás elérte, de mivel ez volt a meddő fekvő, nem tárta fel részletesen. Itt mindenképpen 500 m-nél mélyebb elhelyezés szükséges, tehát egy 1000 m-nél is vastagabb térrészt kell részletes vizsgálat alá vetni, és ez különös tekintettel a hegyvidéki környezetre nem egyszerű. A munkák megindultak, először a magnetotellurikus szondázásokra és szeizmikus reflexiós mérésekre került sor. A mecseki szeizmikus reflexiós mérések és az ELGI mecseki mikroszeizmikus megfigyelő hálózatának helyszínrajzát a Mecsek földtani térképén a 3. fejezet 3-23. ábrája mutatja be.

A hulladéklerakó tervezett helyének vizsgálatára a reflexiós mérésekhez kapcsolódva egy térbeli hálózat telepítésére is sor került, ez 310 db egykomponenses (vertikális), folyamatosan regisztráló állomásból állt, és adatainak feldolgozása a tervezett lerakóhely háromdimenziós szerkezeti képének megalkotását tette lehetővé.

A tágabb környezet földrengés-veszélyeztetettségének elbírálásához szükséges mikroszeizmológiai megfigyelésére az ELGI a DANUBE2004 projekt keretében 2004-ben 30 db háromkomponenses állomásból álló, folyamatosan regisztráló állomáshálózatot telepített. A háromkomponenses állomások a



5-14. ábra. A mecseki szeizmikus reflexiós szelvény É-i szakasza

DANUBE2004 projekt befejezése után is a helyükön maradtak, és azóta is folyamatosan figyelik a terület szeizmicitását.

Szerencse, hogy a kimerült fűtőelemeket a végleges elhelyezés előtt kb. 50 évig pihentetni kell, így van még idő a szakmai kérdések tisztázására.

### 5.2.3. A MÉV ipari szennyvíztárolóinak vizsgálata

*Draskovits Pál*

Nem a Somogy-Baranya program keretében, de annak területén a kilencvenes évek első felében a Mecseki Ércbányák Vállalat (MÉV) megbízásából kutatást végeztünk az urándúsítás során keletkezett szennyvizet tároló földmedencék környezetében. Ennek a több évtizeden át alkalmazott dúsítási technológiának témakörünk szempontjából leglényegesebb tulajdonsága, hogy végül igen magas (több 10 000 mg/l, tehát a tengervízét is meghaladó) sókoncentrációjú víz keletkezik. Ezt a vizet két földmedencébe vezették, amelyek szigetelése – a kilencvenes évek elején már mindenesetre – kívánnivalókat hagyott maga után. Bár a medencék környékén a MÉV tucatnyi figyelőkutat létesített, célszerűnek látták a terület geofizikai vizsgálatát.

Több évtizedes tapasztalat szerint földmedrű szennyvízmedencék, hulladéktárolók vagy egyéb potenciális veszélyforrások közelében – különösen, ha szigetelési problémákra lehet számítani – mindig van működő vízmű, vagy legalábbis termelésbe vont ivóvízbázis. Természetesen itt is, a pellérdi vízmű kevesebb mint 1 km-re van a zagytavaktól.

Mivel az erősen sós víz fajlagos ellenállása nagyságrendileg tér el a normál talajvizétől, a kutatást a fajlagos ellenállás mérésére alapoztuk. A vizsgálatokat GP-mérésekkel egészítettük ki. A fajlagos ellenállás területi eloszlása teljesen megfelelt a várakozásoknak: mindkét medence és környezete határozott minimummal jelentkezett, mind a VESZ mérésekben, mind a tranziens szondázásokban. Ugyancsak elfogadható korrelációt tapasztaltunk a figyelőkutakból vett vízminták laboratóriumi elemzéssel meghatározott összes sótartalma és a kutak közelében mért VESZ mérésekből a megfelelő mélységekre kapott látszólagos fajlagos ellenállás értékek között. Sőt, tekintetbe véve, hogy a sótartalmak pontoszerű értékek, a mért látszólagos fajlagosellenállás-értékek pedig (az 50 m tápelektroda-távolság miatt) jóval nagyobb térrészek átlagos jellemzői, a korreláció kifejezetten jó volt.

A kutatás egyik eredményeként a MÉV-nek az aktuális szennyezettségi helyzetről sokkal részletesebb képet tudtunk adni, mint amelyet a figyelőkutak mintázásából kaphattak, így jobban tudták tervezni a szennyeződés felszámolására irányuló intézkedéseiket. Másik eredménye pedig az volt, hogy további terepi példaként nagyban elősegítette a módszertani fejezetben említett OMFB-támogatás elnyerését, cikkek, előadások megszületését és tudományos fokozat megszerzését.

#### 5.2.4. A földtani veszélyforrások kutatása

*Kovács Attila Csaba, Bodoky Tamás*

Végül, de nem utolsósorban a környezetvédelmi kutatások körébe kell sorolnunk a földtani veszélyforrások vizsgálatának egy részét is (más részükről, mint például az üregkutatásról a mérnök-geofizika keretében számolunk be).



5-15. ábra. Az ábra a terület fényképén jelzi a szeizmikus állomások helyét (sárga csillagok) és az észlelt mikroszeizmikus emissziók forrásterületeit (zöld és rózsaszín foltok)

Az ilyen jellegű kutatások egyik érdekes példája volt a dunaszekcsői magas lösz partfal megrogyásának vizsgálata, a megrogyás okainak kutatása. A Duna jobb partján fekvő Dunaszekcső Duna-partjának mintegy 100 m magas löszfala 30–35 m szélességben 2008. február 12-én több mint 10 m-t csúszott közel függőleges irányban lefelé, több épületet magával sodorva. A lösz partfal rogyásával szemben a gyakorlatilag sértetlenül maradt árvízvédelmi gáton túl pedig zátony emelkedett ki a Dunából. A hatóságok a rogyásnak a falu belterülete felé való továbbterjedésétől félve a rogyás okainak kivizsgálását kérték. Mindenekelőtt arra kellett fényt deríteni, hogy vajon nem a vízvezeték-hálózat, illetve a csatornarendszer hibája okozza-e rogyásokat.

Első lépésként az ELGI hat folyamatosan regisztráló ELGI-DAS szeizmikus állomást telepített az esetleges további mozgások pontos helyének az általuk okozott mikrorengések segítségével történő meghatározására. Az 1–100 Hz tartományban észlelt szeizmikus emissziók segítségével több aktív térrészt lehetett lokalizálni, ezeket az ábrán A-val és B-vel jelöltük. Az aktív térrészek igen jól egybeestek a rogyás vonalával, így megállapítható volt, hogy a mozgások még nem fejeződtek be.

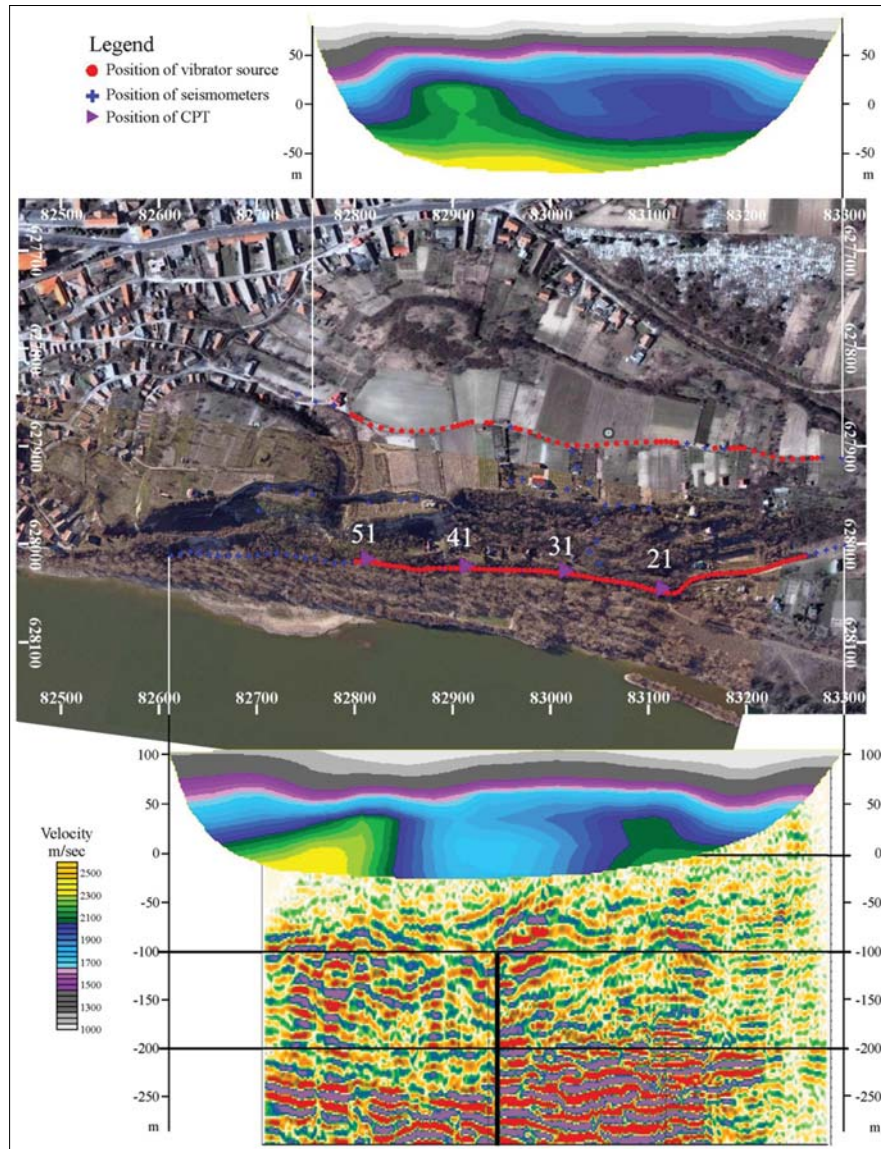
A vizsgálatok következő lépéseként két szeizmikus reflexiós vonalat mértek le, egyet a löszfal felső oldalán és egyet a már leszakadt részen, a part mentén. Végül négy ponton mérnök-geofizikai szondázásokat végeztek, amelyek során a fejnymás-, a természetesgamma-, porozitás- és sűrűségszelvényeket regisztráltak.

Az adatok három egymást követő mélységtartományát fedték le a területnek, a terület legfelső rétegei a mérnök-geofizikai szondázásokból, az alattuk lévő intervallum (kb. 50 m mélységig) a szeizmikus sebességtomografikus szelvényekből, míg végül az ennél mélyebb részek a reflexiós szelvényekből voltak megismerhetőek.

A szeizmikus szelvényekből megállapítható, hogy az idősebb medencealjzaton a kutatási területen különböző vastagságú rétegek települtek egészen a Duna szintjéig. A tomografikus sebességszelvények egy nagyjából K–Ny irányú, csökkent sebességű zónát mutatnak a rogyással érintett terület közepén, amelyik jól folytatódik lefelé a reflexiós szelvényeken látható tektonikus szerkezetben.

A löszfal megrogyásában a kimutatott szerkezeti vonalnak fontos szerepet kellett játszania, s ehhez járult még a Duna változó vízjárása, amely a legalsó löszrétegeket ismételten átnedvesítette és fellazította. A kutatások eredményeképpen tehát kizárható volt, hogy a község vízhálózatának vagy csatornarendszeré-





5-16. ábra. Az ábrán a terület légifényképén a szeizmikus vonalak (piros vonal) és a mérők-geofizikai szondázások (lila háromszögek) helyszínrajza látható, a szeizmikus vonalak felső részének sebességtomografikus szelvényeivel és az alsó szeizmikus szelvénnel



nek meghibásodása okozta volna a löszfal természetes okokra visszavezethető mozgását, ugyanakkor a kimutatott szerkezeti vonal iránya miatt nem volt kizárható a rogyások továbbterjedése Ny-i irányban, vagyis a falu felé.

### **Irodalom**

Kovács A. Cs., Gúthy T., Hegedűs E., Bodoky T., Csabafi R., Török I. (2011): Complex geophysical investigation (CPT, seismic reflection and tomography) of the sliding loess wall along the Danube river, P09, 6th Congress of Balkan Geophysical Society – Budapest, Hungary, 3–6 October 2011



# 6. fejezet

## **Mérnök-geofizikai és bányabeli geofizikai kutatások**

*Baráth István, Bodoky Tamás, Fejes Imre<sup>+</sup>, Hermann László<sup>+</sup>,  
Plank Zsuzsanna, Pattantyús Ábrahám Miklós*

## 6.1. Az Intézet mérnök-geofizikai tevékenysége 1990-ig

*Fejes Imre<sup>†</sup>*

A mérnök-geofizika nem pontosan körülhatárolt fogalom. A geoszakmák képviselői mind egyéni módon használják a fogalmat, és a meghatározásnak van időbeli változása is. Nem járunk messze az igazságtól, ha a geofizikának általában a mérnöki munkával kapcsolatban álló részére gondolunk, az ELGI történetének feldolgozása során némileg mégis eltértünk ettől a laza meghatározástól. Külön fejezetekbe kerültek a vízkutatás, bauxitkutatás és a környezetvédelmi célú kutatások, de idetartozónak tekintjük a bánya-geofizikának a föld alatti tevékenységgel foglalkozó részét, mert szorosan kapcsolódik a mérnöki tevékenységhez, a tervezőmunkához. Végül idetartozónak tekintjük még a régészeti tárgyú munkákat, pedig azok egy alapjaiban különböző – ún. humán – tudományághoz kötődnek. De esetükben is kis mélységben lévő hatókról van szó, így ezek kutatására a mérnök-geofizika módszerei és műszerparkja a legmegfelelőbb.

A munka jellegéből adódik, hogy a pontsűrűséget tekintve mindkét szélsőség előfordul. Ebben a tekintetben ez a szakterület egyedülálló. Vannak konkrét objektumokhoz kapcsolódó feladatok, amikor a vizsgálandó terület méretei gyakran méterben mérhetőek, a méréspontok egymás közvetlen közelében helyezkednek el (néha csak néhány cm-re egymástól), és vannak térképezési feladatok, amikor a munka akár több megyére kiterjedő területen folyik, a pontköz ilyenkor több kilométer is lehet.

### 6.1.1. Térképezés

Elsőként az *Alföld középső területein* – Szolnok tág környezetében – 1960 és 1971 között hálózatos kutatás volt (*Jósa Ernő, Varga Józsefné*), amely a párhuzamos síkvidéki földtani térképezéshez kapcsolódott. Itt kizárólag vertikális elektromos szondázások történtek. Később a geológia és a geofizika közötti megfelelő kapcsolat hiánya miatt a munka megszűnt, és az időközben megszületett sekélyföldtani térképsorozat lényegében nem támaszkodott a geofizikai kutatások eredményeire.

A *Balaton környékének* a térképezése 1970-től 1985-ig folyt. Közben a célok többször átfogalmazódtak, és a terület is kibővült. 1982 után már a „kibővített balatoni üdülőkörzet”-ről beszéltünk. Geoelektromos mérések tekintetében hatalmas az aránytalanság az északi és a déli part között. Az északi részen a vertiká-

lis elektromos szondázások sűrű hálózatot képeznek, a déli parton sok a foghíj. A tó vízfelületén végzett mérések hálózata közepes lefedettséget jelent, bár ott a 2000 m-es maximális tápelektroda-távolság nem kizárólag a sekély mélységek vizsgálatát célozta. A munkák *Jósa Ernő* vezetésével folytak, de részt vett bennük az akkori mérnök-geofizikai osztály minden munkatársa, a Balaton É-i parti terepi mérések zömét *Simon András* és *Rezessy Géza* terepi csoportja végezte. Az értékelő-értelmező munkát *Szabó Margit* és *Varga Józsefné* végezte.

Bár a vertikális elektromos szondázások szerepe a kezdetek óta nem csökkent, a 70-es években a Balaton partjának a kutatásba bekapcsolódott a mérnök-geofizikai szondázás, kezdetben kísérleti jelleggel, később egyre fejlettebb eszközökkel és módszerekkel. A szondázási pontok ma egy nagyon értékes, eléggé egyenletes hálózatot képeznek, de ez sajnos épp a Balatonpart legérdekesebb részeire – magára a vízparti sávra – nem terjed ki. A mérési anyag nem egynemű. Vannak benne a korai időkben kezdetleges technológiával, és a későbbiekben korszerűbb eszközökkel mért és feldolgozott adatok. Ezek újbóli feldolgozása számos érdekes eredményt szolgáltatna, de a körülmények nem kedvezőek. 1995-ben a mérnök-geofizikai szondázáshoz szükséges minden eszköz, felszerelés és szoftver, az összes mérési adat, valamint a hozzáértő személyzet átkerült egy Kft.-be, az Intézetnél csak egyetlen egy olyan munkatárs maradt, aki korábban foglalkozott a témával. Ezzel a módszer elveszett az Intézet számára (lásd 1. fejezet).

A balatonkörnyéki munkák hasznosulását nehéz lemérni. Tény, hogy az információkat használták a területről kiadott számos térkép szerkesztésénél és esetenként különböző létesítmények tervezése során is. Felhasználásuk – részben a nyomtatásban megjelent munkák, részben pedig az intézetben őrzött eredeti anyag alapján – a jövőben is lehetséges.

A *Kisalföld* térképezése során *Hobot József* vezetésével komplex munka folyt. A vizsgálódás szinte az egész földkéregre kiterjedt. A kutatás „mérnök-geofizikai–mérnök-geológiai” részét a sekélyfúrások hálózatával összefonódó mérnök-geofizikai-szondázási hálózat teszi ki, valamint a számos elvégzett vertikális elektromos szondázás kezdeti szakaszának felszínközeli információi. A mérések eredményei a kiadott térképsorozat létrejöttét segítették.

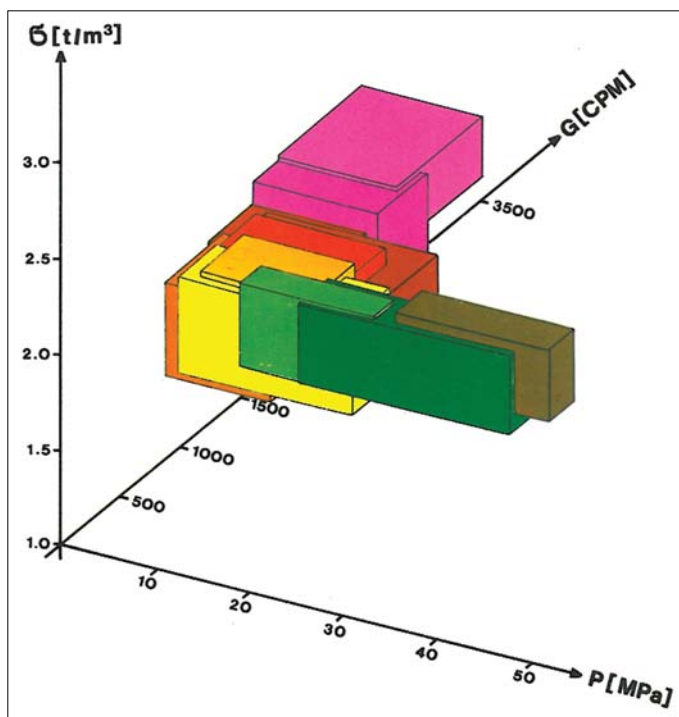
Az átlagosan 2,5 km-es, közel szabályos hálózatú MÁFI fúrásokkal kutatott területen 5–8 km-es szelvénytávolságú, a szelvényeken 500–800 m-es ponttávolságú MGSz méréseket végzett az ELGI a 10 m-es mélységtartományban. Összesen 1758 ponton 18 578 folyóméter szondázással egészítve ki a MÁFI fúrásokat. A kisalföldi MGSz szelvényháló az ELGI 1987. Évi Jelentés 33. oldalán látható.

A földtani értelmezést biztosító, statisztikai megfigyeléseken alapuló objektív módszert és szoftvert a kisalföldi kutatások alapozták meg. *Fejes Imre* volt az, aki a MÁFI fúrások geológusok által, laboratóriumi, közettani vizsgálatokon alapuló értelmezését vetette össze a fúrások mellett létesített mérnök-geofizikai szondázásokkal meghatározott fizikai paraméterekkel. A mellékelt értelmező diagram mintegy 2000 összetartozó adatpár alapján készült. Erre a tapasztalati adatsorra készítette el *Fejes Imre* azt a számítógépes szoftvert, amely a mért fizikai paraméterek alapján réteghatárokat jelöl ki, elvégzi a földtani értelmezést, azaz megnevezi a fizikai paramétereknek leginkább megfelelő földtani képződményt, elkészíti a rétegsort, és ha kell, még terepen ki is nyomtatja.

A kutatás geoelektromos része *Draskovits Pálra* és *Dudás Józsefre* hárult, a

mérnök-geofizikai szondázásokkal kezdetben *Dienes Endre*, később *Fejes Imre* foglalkozott.

A *Belső-Somogy* (később a „*Belső-Somogy és a Baranyai Háromszög*”) több éven át (1989-től 1993-ig) folyó földtani kutatása szintén fontos térképező program volt, a mérnök-geofizikai szondázások használatában azonban tükröződik az ekkortájt végbemenő szemléletváltás. A *Belső-Somogy* és a *Baranya-háromszög* kutatása során a szondázásokat nem elszórtan, ritka mérési hálózatban telepítettük, hanem egy-egy fúráspont környezetének vagy két fúrás közötti szelvénynek a részletesebb feltá-



6-1. ábra. Különbféle földtani képződményeket jellemző térrészek csúcsnyomás  $P$ -gamma-aktivitás,  $G$  térfogatsúly  $\sigma$  koordináta-rendszerében, agyagtól (lila) homokig (olajzöld)

rására használtuk. A vizsgálandó helyeket a MÁFI geológusaival közösen választottuk ki, illetve kívánságukra telepítettük. Az 1992. évi mérések közvetlen konkrét célja a felszínmozgások vizsgálata volt. Az automatikus feldolgozás során a képződmények azonosításában fontos szerepe van a *természetesgamma-aktivitás*nak, amelynek alapján általában az agyagtartalomra következtünk. Területünkön a homokok egyébként igen alacsony természetesgamma-intenzitását megnöveli a csillámosság (a muszkovit káliumtartalma). A kutatási területre a természetesgamma-aktivitás általános, arányos növekedése jellemző.

A paramétergörbék nagyfokú hasonlósága közel azonos keletkezési időre és nagyon hasonló keletkezési körülményekre utalt, ami egymástól nem túl távoli (néhány 100 m) szondázási pontok esetén se nem szokatlan, se nem meglepő. Amikor azonban ilyen jelenséget egymástól több km távolságra eső szondázások esetében tapasztaltunk (mint pl. a Somogy-Baranya program keretében, Palatinca község határában, illetve a tervezett radioaktív hulladéklerakó kutatására irányuló program keretében, évekkel korábban Feked község közelében mért pontok), akkor arra kell gondolnunk, hogy ez a bizonyos keletkezéskori azonosság/hasonlóság sokkal nagyobb területekre is kiterjedhetett. Ebben a tekintetben a löszök még számos új felismerés lehetőségével kecsegtetnek.

A munka során Szenna község mellett olyan tektonikus szerkezetre (törésre) bukkantunk, amely valószínűleg nagyon fiatal. Részletesebb tanulmányozása a neotektonikai vizsgálatokat mozdíthatná előre.

Várdomb közelében két (nem szomszédos) szondázási ponton olyan képződményt észleltünk, amely nagy természetesgamma-aktivitása alapján nem illik bele a környezetébe. Az eddig ismert formációk közül a bauxit, a bentonit és a salak jöhetne szóba, de az adott helyen bármelyikük előfordulása meglepő lenne.

A lejtőmozgásokra való hajlam térképezésére irányuló program azonban nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket. Az előzetesen felderített gyanús, azaz mozgásra hajlamos helyek mérnök-geofizikai szondázással történt vizsgálata mindössze egyetlen lejtőmozgást tárt fel Simonfa mellett. A lejtő felépítésében részt vevő, egymástól csak alig különböző képződmények elválasztása itt sem volt egyszerű, bár ez bizonyult az egyetlen olyan módszernek, amely ezt a felbontást egyáltalán lehetővé tette.

A „Belső-Somogy és a Baranyai Háromszög” vizsgálatában számos munkatárs vett részt, a vezető szerep *Fejes Imrée* volt.

### 6.1.2. Külfejtések és létesítmények vizsgálata

A kisebb-nagyobb kiterjedésű létesítmények, amelyek mérnök-geofizikai vizsgálatára sor került a következők voltak:

*Külfejtések vizsgálatáról* szólva legfőképpen a bauxitkutatást kellene említeni, amely a hazai bauxit elhelyezkedéséből eredően leginkább sekélykutatás. A több évtizedes munka mindenképpen ezt indokolná, de a téma önálló fejezetbe került. Ide soroljuk azonban azt a többéves (1985–88) együttműködést, amely intézetünk és a Mátraaljai Szénbányák között alakult ki a gyöngyösvisontai barnakőszén kitermelése során felmerült állékonysági problémák megoldására. A döntően mérnök-geofizikai szondázásokkal folyó munka a termelés közvetlen kiszolgálója volt, és csak ritkán született erről jelentés. Irányítója több éven át *Dobrovolni Károly* volt. Többször hivatkoztunk – nem kis büszkeséggel – arra az esetre, amikor egy négy pontból álló szelvényen – a letermelés alatt álló fedőn – 33 m-es mélységben egyértelműen kimutattunk egy fél méter vastagságú csúszásveszélyes bentonitréteget. Ezen a rétegen akármilyen technológiával végzett fúrás úgy haladt volna keresztül, hogy észre sem veszi.

*Építőanyag-kutatás* igen változatos anyagokra, szinte az összes kőzetfélésegre kiterjedt. Általában rövid, néhány hetes elfoglaltságot adott a gránit Sukorón, a kvarcit Mindszentkállán, az andezit Tállyán, Abasáron, Kóspallagon és Nógrádkövesden, a bazalt Uzsabányán, Szilvaskőn és Zalahalápon, a mészkő és a márvány Rakacaszanden, Keszegen, Lábatlanon és Dorogon, az agyag Tarcalon és Neszmélyen, a márga Bélapátfalván valamint a kavics Nagypiriten, Csákánydoroszlón és Sárváron. A kutatás vertikális elektromos szondázással, horizontális szelvényezéssel és szeizmikus méréssel történt.

Résztvevői *Jósa Ernő, Hoffer Egon, Nyitrai Tibor, Lányi János, Varga Józsefné, Rákóczy István, Verő László, Kakas Kristóf, Vértesy László és Fejes Imre* voltak.

A munka elég sablonos volt, csak ritkán kellett eltérni a hagyományoktól. Ilyen volt a zalahalápi eset, ahol a Haláp-hegy tetején működő kőfejtőben vertikális elektromos szondázások során a fagyos bazaltba kellett valamilyen módon áramot juttatni. A helyszínen barkácsolt elektróda rongyba burkolt szigeteletlen huzal volt, a rongyot pedig tömény sóoldat itatta át. Elég humoros volt – egyáltalán nem látszott tudományos tevékenységnek –, ahogy néhány ember kábelekkel és vödrökkel téblábol a hatalmas dübörgő teherautók között.



Az ún. vonalas létesítmények között szerepelnek ugyan alagutak (Abaligeten négy téma, Budapest, Déli pályaudvar esetén két téma), de mennyiségben mindent elsöpörnek az *árvízvédelmi töltések*, illetve azok altalajának feltárására irányuló munkák.

Magyarországon több mint 4000 km (!) hosszúságú árvízvédelmi töltés van. Többször lettek erősítve, néha átépítve, nyomvonaluk azonban általában száz évnél régebbi. Számos esetben előfordult, hogy az árvízi terhelést a gáttest jól bírta, de a porózus altalajon keresztül a víz mégis átjutott a mentett oldalra. Ez elsősorban olyan helyeken történt, ahol a védvonal régi folyómedret (holtmedret) keresztez, de másutt is lehet kedvezőtlen a felépítés. 1981-ben megindult a gátak – főleg a gátak altalajának – felülvizsgálata, és ebben a munkában tartósan – 9 éven keresztül – részt vett intézetünk mérnök-geofizikára szakosodott része. Az összes töltéshossz felénél nagyobb részén (több mint 2000 km-en) került sor horizontális ellenállás-szelvényezésre. Kezdetben három, később négy, majd öt lehatolási mélységgel (AB = 1,65, 3,0, 5,0, 9,0 és 15,0 m) történt kvázi-egyenáramú mérés Wenner-elrendezésben 15 m-es lépésközzel a töltések mentett oldali részsülábánál. A szelvények elsősorban horizontálisan határolták le az altalajban (a gátak alapjában) lévő nagy ellenállású (porózus) betelepüléseket, de a méréspontonként öt pontból álló vertikális szondázási görbe a mélységbeli elhelyezkedésre is adott némi felvilágosítást. A szelvény „érdekes” szakaszain alkalmanként nagyobb lehatolású elektromos szondázásra, sőt mérnök-geofizikai szondázásra is sor került.

A Duna, a Tisza, a Körösök, a Rába, a Dráva és több más természetes és mesterséges vízfolyás gátjainak altalaja került ilyen módon átvizsgálásra. A Vízügyi Igazgatóságok nem igényelték jelentést, mindig az eredeti mérési anyagból (a megfelelő léptékben ábrázolt mérési anyagból) dolgoztak, az adatok beépültek a gátak egész „élettörténetét” tartalmazó „írott hossz-szelvények”-be, irattárunkban így általában csak a nyers mérési eredmények találhatók meg. Ebben a munkában számos munkatárs részt vett, az irányítás mindvégig *Dorovolni Károly* kezében volt.

Alkalmanként magának a gáttestnek a vizsgálatára is sor került (pl. Tököl 1989, Komárom 2002, Esztergom 2003), de bebizonyosodott, hogy az ellenállásmérés és a szeizmkus tomográfia csak nagyon sűrű (ezért igen drága) hálózatban lenne eléggé informatív, a gáttest átluggatásával járó mérnök-geofizikai szondázást pedig – jó felbontása ellenére – a vízügyi szakemberek nem igényelték.

Út, vasút (budapesti villamos vágányok) és metró ugyan vonalas létesítmény, a velük kapcsolatos feladatok azonban csak egy-egy szelvény közvetlen környezetére vagy csak rövid vonalszakaszra terjedtek ki (Budapest, Csór, Békéscsaba, Bodajk). Ezeket a feladatokat szeizmikus módszerrel (többek között tomográfiával, a felületi hullámok vizsgálatával) és radarral oldottuk meg.

*(Rákóczy István, Törös Endre, Prónay Zsolt, Plank Zsuzsa, Hermann László, Holczinger Imre, Pattantyús Á. Miklós)*

Fontos eredménynek tartjuk annak a dolomitszirtnek vízi szeizmikus méréssel történt kimutatását, amely a Szabadság híd budai pillére közelében van, és a Duna alatt tervezett alagút éppen átmegy rajta. Itt a Gellért fürdő forrásaival való lehetséges kapcsolat mindenképpen aggodalomra ad okot.

Sok munkát adtak a tározók: víztározó, salaktározó, pernyetározó, vörösiszap-tározó és széniszap-tározó. A megbízások céljuk szerint négy csoportba sorolhatók. A kutatás célja lehet maga a zárógát (a tervezett hely szűk környezete), az egész tározó területe, beleértve a tágabb környezetét is, a tározót körülzáró töltés és maga a tározott anyag. Mindegyik csoportra számos példa van.

Helyük szerint a tervezett létesítmények körül csoportosulnak a munkák, némelyik sok éven át foglalkoztatta munkatársainkat. Közülük legnagyobb a *Gabcsiková-Nagymaros Vízlépcső* (GNV) néven elhíresült, de tervezett formájában meg nem valósult vízlépcsőrendszer.

A tervezett nagymarosi gát térségében mindkét parton és a mederben sűrű hálózatú, egyenáramú elektromos mérés volt. A partokon vertikális elektromos szondázások, a vízben pedig többféleképpen kiértékelhető, sokelektrodás mérés történt. A vízi elektromos mérésre történő felkészülés sok energiát lekötött. Kezdetben nem tulajdonítottunk nagy jelentőséget a víz sodrának, de hamar bebizonyosodott, hogy egy parton elhelyezett (végtelenben lévőnek tekintett) elektróda alkalmazásáról szó sem lehet. A próbák során a felszínen úszó, a sodrás által kifeszített, műanyagcsőbe húzott „kábelkorbács” és a fenéken vontatott „kábelszonda” mutatkozott a legjobbnak.

Jelentős eredménynek tartjuk annak a törésvonalnak ellenállásméréssel történt kimutatását, amely a megindult építkezés során kiszáritott és földtanilag feltérképezett területet (magának a gáttestnek a helyét) K–Ny-i irányban majdnem pontosan középen szeli ketté, és amely mentén a miocén óta közel 200 m horizontális elmozdulás történt. A törésvonalat élesen jelző ellenállásmérésre (a

víz felületén és a közeli partokon) a földtani térképezést megelőzően 12 évvel került sor (1977), de akkor az semmilyen szakmai visszhangot nem keltett.

Hasonlóan fontosnak tartjuk annak a mérésnek egyik tanulságát, amelyet a nagymarosi gát mögötti vízszintcsökkenés várható hatásainak vizsgálatára végeztünk (1976). Nagymaros és Budapest között 63 szelvénnel kereszteltük a két Dunaágot (Váci- és Szentendrei-ág). A vízfelületen és a két parti végződésen vertikális elektromos szondázások történtek, amelyeket a partokon mérnök-geofizikai szondázások egészítettek ki. A tapasztaltak szerint a szelvényeknek több mint a felén a mederfenéken egy méternél vékonyabb kavicsréteg van (vagy egyáltalán nincs is). A Duna tehát mélyen belevágta már magát a saját maga által lerakott kavicsteraszbba. Mivel a felső (németországi és ausztriai) szakasz szabályozottsága következtében újabb kavicsmennyiség már nem fog az országba érkezni, az ittenit pedig a folyó biztosan el fogja szállítani, a bevágódás a fekében fog folytatódni. Méréseink szerint ez sokhelyütt agyag, és ez a folyamat felgyorsulását okozhatja. Anélkül, hogy belebonyolódnánk a várható fejlemények előjelzésébe, nyugodtan állíthatjuk, hogy a beavatkozás szükségessége előbbutóbb nyilvánvaló lesz.

A Gabcsikóvó-Nagymaros Vízlépcső részét képező dunakiliti duzzasztómű is több éven át foglalkoztatta intézetünk terepi csoportjait, de a Duna szlovákiai elterelése következtében az elvégzett hatalmas munka (a geofizikai is) és a majdnem kész létesítmény értelmetlenné vált. Ennek ellenére volt egy olyan részlet, amelyre joggal lehetünk büszkék. Ez a magyar területre tervezett duzzasztómű építési területén az ún. injektált teknő kialakításával kapcsolatos, amelyben speciális szerep jutott a mérnök-geofizikai szondázó berendezésnek. A hidraulikus lenyomóegységgel lettek a talajba sajtolva azok a perforált csövek, amelyeken keresztül bepréselték a kavicságy megszilárdításához szükséges impregnáló szert.

Ha a nagymarosi vízlépcső elkészült volna, szükségessé vált volna az árvízvédelmi töltéseknek a duzzasztott szinthez illeszkedő megemelésére. Ebben az „öblözet-bevédési” programban 1981 és 1987 között a magyar oldalon Komárom, Esztergom, Szob és Letkés térségében, a szlovák oldalon Salka, Sturovó, Kamenica és Chlaba térségében végeztek intézetünk munkatársai horizontális ellenállás-szelvényezést, vertikális elektromos szondázást és mérnök-geofizikai szondázást.

Nem tartozik a GNV-hez, de tárgyát tekintve ide illik az adonyi öblözet vizsgálata is, amely 1982-től 1984-ig zajlott hasonló módszerekkel, és az ivóvíz minőségű vízkészlet védelmének tervezéséhez volt szükséges.

A nagymarosi elvetélt gáttól teljesen független a *Prédikálószeréki Szivattyús Energiatározó*, de a hely közelsége miatt gyakran összemossák vagy összekeverik ezeket. A hasonlóság csupán annyi, hogy ez sem valósult meg, sőt a közeljövőben biztosan nem is fog. (A meghiúsulás a hazai környezetvédők „sikere”.) Az igazán szellemes gondolat az, hogy a minimális energiafogyasztás időszakában fölöslegesen termelődő villamos energiával egy szivattyú segítségével vizet pumpálnak egy magasan lévő tározóba, amely a csúcsfogyasztás idején turbinákon lezúdulva visszaadná a befektetett energia jelentős részét. (Az ország napi energiafogyasztásának két maximuma és két minimuma van.) Ezzel meg lehetne takarítani azt az erőművi többletkapacitást, amely csak a maximumok idején szükséges. Egy ilyen létesítményhez sok víz és jelentős magasságkülönbség kell. A Dunazug-hegységben lévő Prédikálószerék erre alkalmasnak látszott. (Nem is nagyon van másik – erre a célra alkalmas – hely az országban.) A naponta kétszer feltöltődő-kiürülő víztározót a hegy tetejére tervezték úgy, hogy az szinte sehonnan sem látszana.

A Prédikálószerék vizsgálatában 1985 és 1987 között szinte az összes lehetséges elektromos mérési módszer és a mérnök-geofizikai szondázás bevetésére került sor, de nem sikerült egyértelműen tisztázni a bontott andezitek különböző változatainak belső szerkezetét és az azokat átjáró számos törés térbeli elhelyezkedését. Az értelmezést az igen változatos terepfelszín is nehezítette.

A *Drávai Vízlépcsőrendszer* a GNV-hez hasonlóan két ország együttműködése révén jött volna létre. Az együttműködő partner az egykori nagy Jugoszlávia volt, az ország szétszakadása után azonban nincs szó a létesítményrendszerről. (Az ország ma ezen a határszakaszon Horvátországgal szomszédos.) A tervezett víztározó bal parti, magyarországi tározótöltésének nyomvonalán a felszínközeli képződmények megismerésére 1970 és 1981 között több alkalommal került sor horizontális ellenállás-szelvényezésre, vertikális elektromos szondázásra és mérnök-geofizikai szondázásra. Eredményeik felhasználására eddig nem került sor.

A *Tisza meglévő és tervezett duzzasztóművei* két alkalommal voltak kutatásaink tárgyai. Ároktónél a Kiskörei-tározó töltésének szivárgásának az oka (1982), Csongrádnál pedig egy készülő résfal nyomvonala lett feltárva.

Az erőművekkel nincs szerencsénk. A *Bicskei Gyűjtőerőmű* is a feledés homályába merült, pedig három év alatt (1976–78) ennek a körzetében is számos vertikális elektromos szondázás és mérnök-geofizikai szondázás történt. A kutatás tárgya a tervezett pernyetározók térsége volt, ahol a talajvízzel való kapcsolatot kellett tisztázni. 1978-ban egy próbaterhelésnél működtünk közre. Ez utóbbi

volt azon ritka esetek egyike, amikor a mérnök-geofizikai szondázás talajmechanikai feladatot kapott.

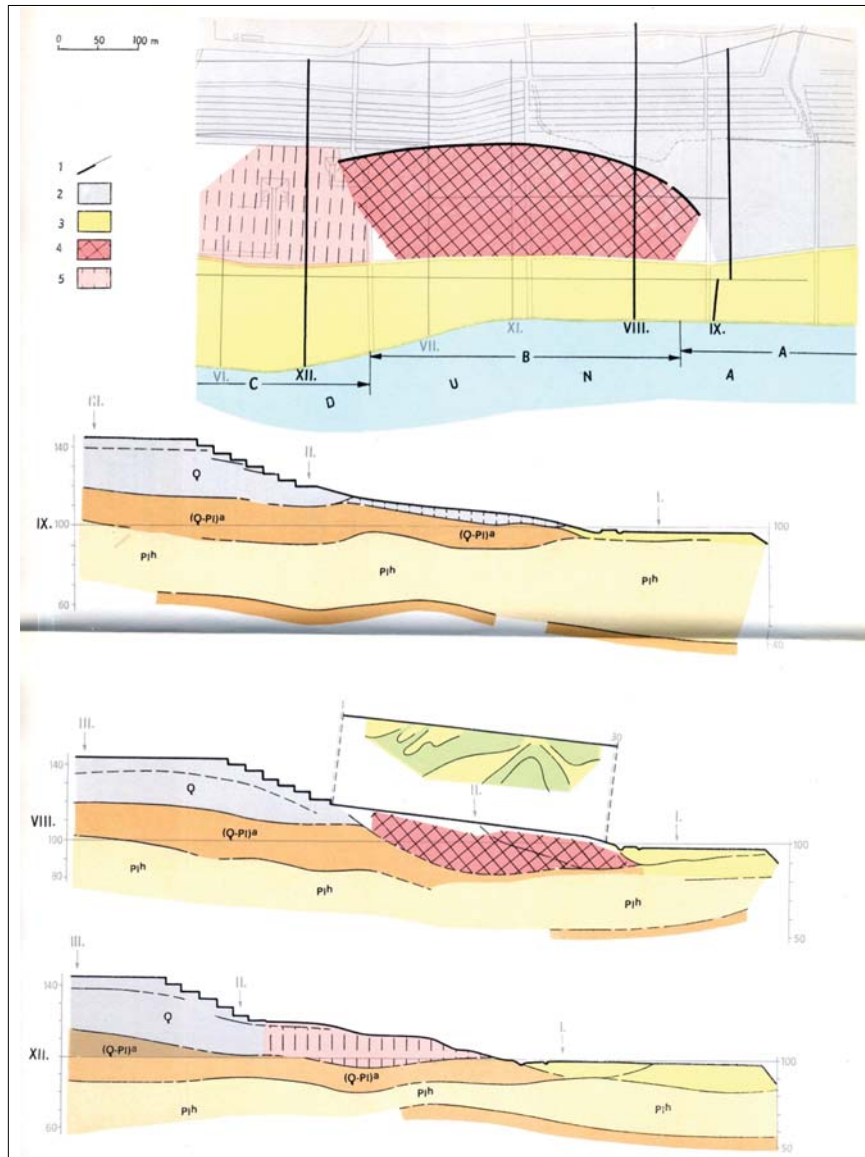
*Neszmély és Almásfüzitő* térségében (1979–80) a timföldgyártás mellékterméke, a vörösiszap megtelt és létesítendő tározóit – a létesítendő zárógát helyét és a tározó szűk és tágabb környezetét, valamint az ülepített anyagot – vertikális elektromos szondázással és mérnök-geofizikai szondázással vizsgáltuk. Kisebb volumenű gátvizsgálatok voltak Gyöngyösoroszinál (1968), Ecsegnél (1973), a Hór-pataknál (Mezőkövesd 1975), Fehérvárcturgón (1988) és a szlovákiai Hrusov mellett (1979–80). Gyöngyösoroszinál jelentős mennyiségű só felhasználásával tettük elektromosan jól vezetővé az elszivárgó vizet, ez tette lehetővé annak kimutatását.

Érdekes feladat volt *Monosbén*-nél a széniszaptározó vizsgálata. Itt korábban a völgy egy szakaszán, gát mögött lett ülepítve egy szénmosó meddője. Utóbb a széniszapot porózus kerámiák gyártásánál kívánták felhasználni, de ehhez szükség volt a tározott agyag összetételének ismeretére. A víztelenedett iszap könnyen átjárható volt a mérnök-geofizikai szondázások számára, és a mintavételezés utáni laborvizsgálatok jó összefüggést (fordított arányossághoz közelít) igazoltak a fűtőérték és az agyagtartalom között. Ennek alapján a szondázások során mért természetes radioaktivitás lehetővé tette a minősítést, azaz a széniszap minőség szerinti szétválasztását.

Itt a munka szorosan összekapcsolódik a meddőhányók, valamint a meglévő és létesítendő hulladéklerakók vizsgálatával, de azokat a környezetvédelemhez soroltuk.

### 6.1.3. Egyebek

A fentiekén kívül volt még számos olyan téma is, amelyeket nagyon nehéz egyértelműen csoportosítani. Épületek állapotával, állékonyságával, kisebb-nagyobb épületek vagy egész lakótelepek alapozásával foglalkozó témákra, beomló vagy beomlásveszélyes felszínközeli üregekre, omlásveszélyes partfalakkal és az azokkal kapcsolatos vagy nem kapcsolatos felszínmozgásokra gondolunk. Ezek közül némi büszkeséggel emlegetjük az Eötvös Loránd Tudományegyetem látgymányosi épületét, ahol 1989-ben néhány mérnök-geofizikai szondázással sikerült hozzájárultunk a magyar felsőoktatás újabb fellelővárának felépítéséhez. Példaként a dunaújvárosi partfal csúszásokkal kapcsolatos vizsgálatokat ábrán mutatjuk be.



6-2. ábra. A dunaújvárosi mérnök-geofizikai mérések eredménytérképe. 1 – geofizikai szelvényvonal, 2 – eredeti településű löszfal és eróziós partsáv, 3 – feltöltés és folyóvízi üledék, 4 – csuszamlós, zavart összlet, 5 – vastag, áthalmazott lösz, lejtőtörmelék

Összefoglaló névvel építés-előkészítésnek nevezzük az előzetes földtani ismeretek beszerzését és a konkrét alapozással kapcsolatos feladatokat. Az első esetben sokszor fúrólýukak közvetlen környezetének vizsgálatáról van szó. Számos ilyen feladat elvégzésében vettünk részt, elsősorban szeizmikus módszerrel. (A mérnök-szeizmikáról bővebben a továbbiakban szólunk.)

A *felszín alatti üregek* kimutatása nehéz feladat. Általában kicsiny hatásokat kell felismerni jelentős zavarjelek között. Az üregek lehetnek ugyan természetes eredetűek (barlangok), legtöbbször azonban emberi tevékenység következményei. Sok gondot okoznak a beomló bányavágatok és pincék, amelyek pontos helye általában már rég feledésbe merült. Van eset, például Tállya, hogy az omlásveszélyes pincék az egész települést behálózzák, és gyakran okoznak kellemetlen meglepetéseket. Budapest (főleg Kőbánya), Budaörs, Százhalombatta és Zsámbék területén jelentkezett hasonló feladat. A felhasznált módszerek között előfordul ugyan a gravimetria vagy a geoelektromosság, gyakrabban a radar, döntő szerepe azonban a szeizmikus módszernek van, ezen belül is a tomográfiának és a felületi hullámok felhasználásának.

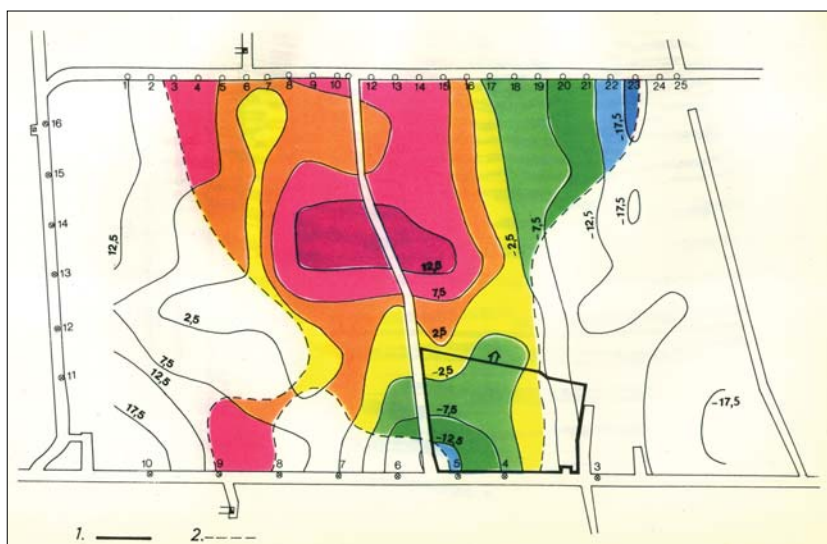
Az Intézet szervezeti felépítése több-kevesebb sikerrel mindig is igyekezett igazodni a kutatási célokhoz. A mérnök-geofizika ebben a tekintetben „szerencsésnek” nevezhető. Az áttekintés időszakában mindig volt olyan részleg, amely nevében is, és munkáit tekintve is a mérnök-geofizikával azonosult. Kezdetben mérnök-geofizikai csoport, később mérnök-geofizikai osztály volt, az utóbbi években mérnök-geofizikai főosztály működik.

A téma számos szakembert megmozgatott, kiemelten illik azonban megemlékeznünk *Jósa Ernő* munkásságáról. Szakmai pályafutása töretlenül a kis mélységek kutatásához – általában a mérnök-geofizikához – kötődik. Már kezdőként a Mérnökgeofizikai Csoport vezetője lett, csoportja a keze alatt (1972-ben) osztállyá nőtte ki magát, amely a főosztályi rendszerben Víz- és Mérnökgeofizikai Osztály, később Mérnökgeofizikai és Környezetvédelmi Osztály néven nyugdíjazásáig létezett és irányításával működött. Nyugdíjazása nagyjából a rendszerváltással és a „nagy átalakulással” esik egybe. Ekkor rövid ideig *Magyar Balázs* volt az osztályvezető, de a szervezeti egység az ő távozásával (1995) – kft.-be való leválásával – szétesett. Ugyanakkor a rendszerváltást követő gyors bányabezárások miatt a Bányageofizikai Osztály feladat nélkül maradt, így ez az osztály vette át a mérnök-geofizikai munkákat és az Intézetnek *Törös Endre* vezetésével azóta is van ilyen feladatokat végző szervezeti egysége (Mérnökgeofizikai Főosztály).

## 6.2. Bányabeli geofizikai kutatások (1974–1989)

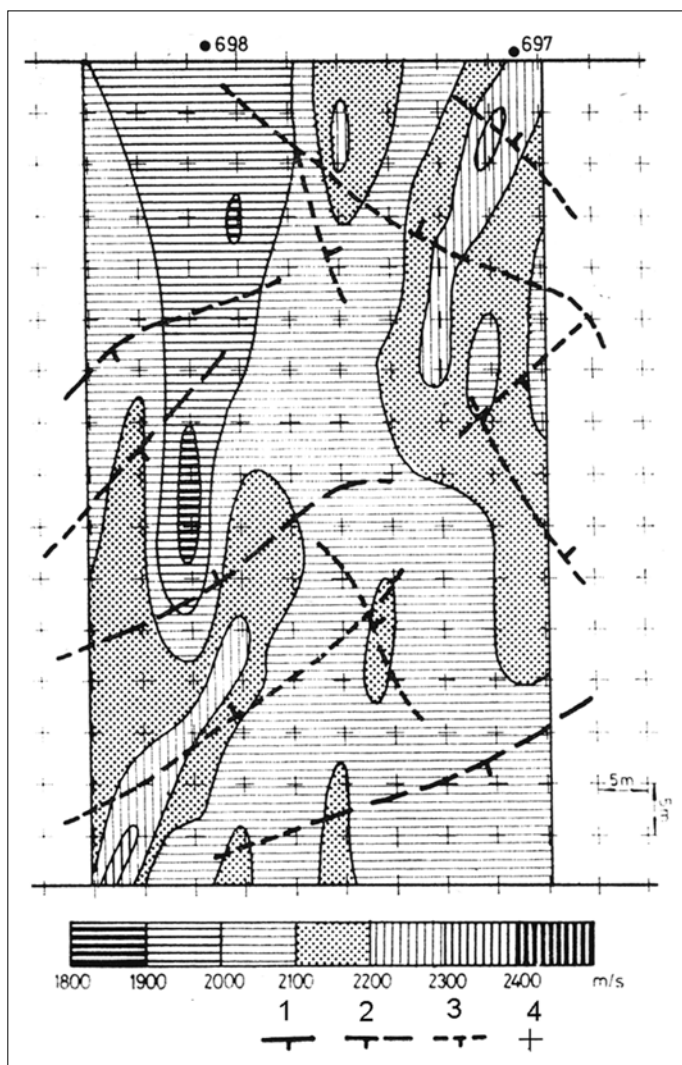
*Bodoky Tamás*

1974-ben *Lajgut Jenő* salgótarjáni bányamérnök meghívására végzett az Intézet (*Bodoky Tamás, Sédy Loránd, Szeidovitz Zsuzsa*) néhány bányabeli szeizmikus kísérleti mérést Nógrádban, a ménkesi bányaüzemben, a széntelepet áttörő andezit telérek előrejelzésére. A kísérletek – tekintettel a vulkanitok és a szén közötti jelentős fizikai különbségre – az improvizált mérőfelszerelés ellenére is jól sikerültek. Az eredményekről készült is egy-két cikk, de aztán úgy tűnt, hogy annyiban is marad a dolog (Bodoky et al.1976a, 1976b) Hogy ez nem így történt, az az 1973-as első olajárrobbanásnak volt köszönhető. Az olaj árának drasztikus emelkedése fokozatosan felértékelte a hazai energiahordozókat és átskálázta a gazdaságossági határokat. A hazai szén az érdeklődés előterébe került, és a bányák fejlődésnek indultak. A fejlesztés jegyében a geofizika is több figyelmet kapott (Bodoky 1980) és sorra jelentek meg a bányák saját geofizikai csoportjai.



6-3. ábra. Bányaszeizmikus „átvilágítással” meghatározott sebességmezők százalékos relatív különbségtérképe a Mecseki Szénbányák Zobáki Bányüzeméből. 1 – a két „átvilágító mérés között folyt bányaművelés területe, 2 a mérési eredmények megbízhatósági határa





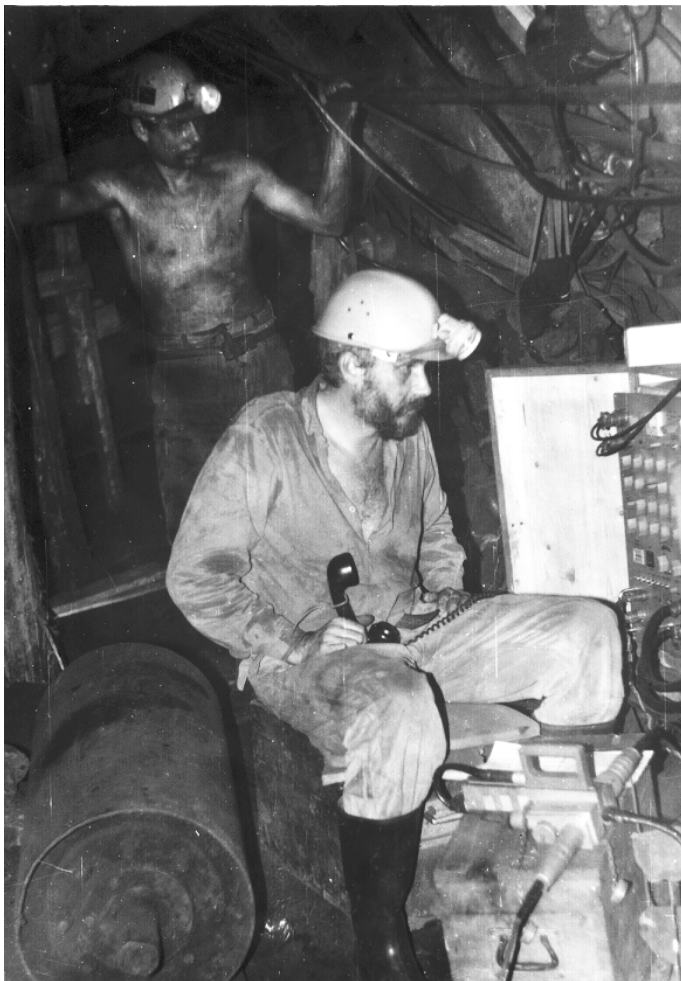
6-4. ábra. Alapmérés szeizmikus sebességtérképe a csordakúti alsó telepben, ehhez viszonyítottuk a megisméltelt méréseket a változások nyomon követésére. 1–3 – a fejtésből megismert vetők kisebb mint 0,5 m, 0,5 és 1 m közötti, illetve 1 m-nél nagyobb magassággal, 4 – számítási rácsponatok távolságuk mindkét irányban 5 m

Az Intézettel először a Mecseki Szénbányák akkor *Verbőci József* vezette bányageofizikai csoportja vette fel a kapcsolatot. Velük együttműködésben a kutatás két irányban indult el, egyrészt a telepek tektonikai zavarait vizsgáló telephullám- (vagy csatornahullám-) szeizmikát, másrészt a bányabiztonsági célokat szolgáló szeizmikus sebességvizsgálatokat kezdtük fejleszteni.

A telephullámok vizsgálatára – tényleges mérések híján – az első lépéseket a különböző matematikai modellvizsgálatok jelentették (Albu et al. 1981, Bodoky et al. 1981, 1982a, Bodoky 1982, 1983) a sebességvizsgálatok pedig eleinte elsősorban a mecseki kollégák méréseinek a feldolgozására koncentráltak. *Hermann László* kidolgozott a vágatok közti átvilágítások (direkthullám-mérések) feldolgozására egy görbülthullám-utas ART (Algebraic

Reconstruction Technic) eljárást, ami rögtön az első mérésnél komoly sikert hozott, mert sikerült megjeleníteni vele a fejtések okozta feszültség felhalmozódást, illetve átrendeződést (Albu et al. 1981).

1981-ben a bányabeli kutatások a Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztályon belül szervezetileg is különváltak a Bányageofizikai Osztály megalakulásával,



6-5. ábra. Műszerállás a Nógrádi Szénbányák Ménkesi Bányaüzemében. Az észlelő Bodoky Tamás

melynek vezetője Bodoky Tamás, tagjai pedig Bakó György, Cziller Eszter, Deutschné Jakab Judit, Dianiska László, Hermann László, Sedy Loránd és Szabados László lettek. Hozzájuk csatlakozott később még Scholtz Péter.

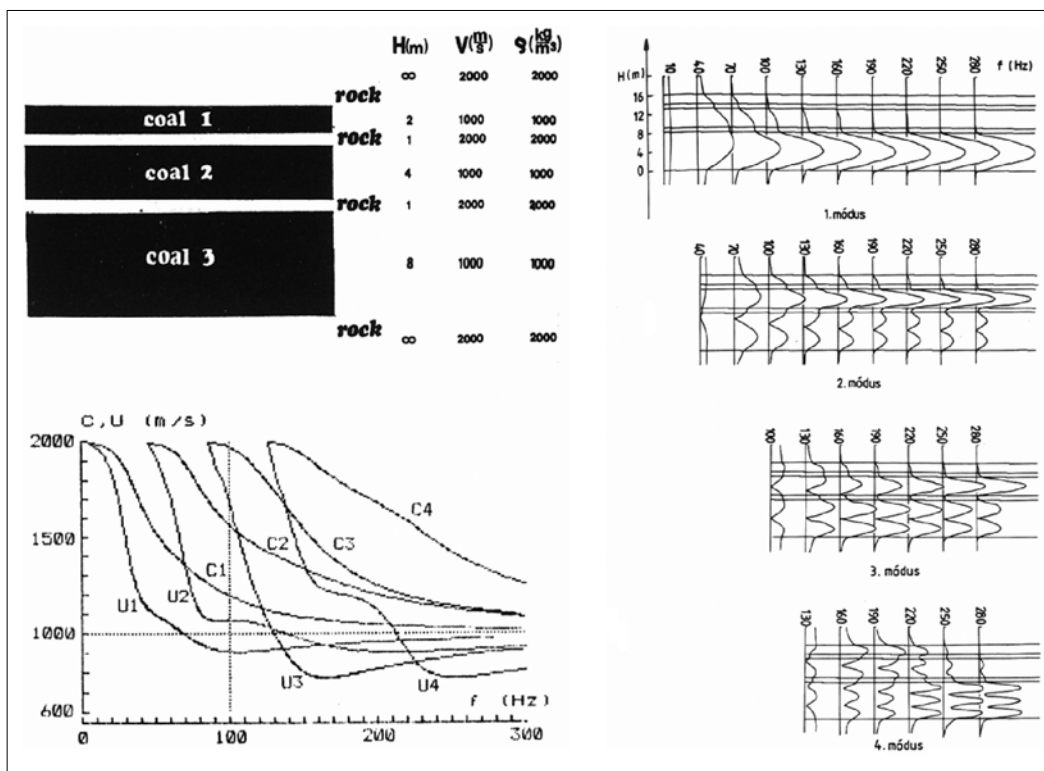
1981-től a mecseki átvilágításos mérések mintájára, Körmendi Alpár – aki akkor a tatabányai bánya geofizikusa volt – kezdeményezésére egy több éven át tartó mérési sorozat indult a rideg fedő feszültség változásainak vizsgálatára a Tatabányai Szénbányák Csordakúti Üzemének alsó telepében az üzem vezetőjének Kálmán Tamásnak a messzemenő támogatásával. A vizsgálatok nagyon érdekes eredményeket hoztak, és bebizonyosodott, hogy a sebességmérésekre alapozott feszültségvizsgá-

latok alkalmasak a veszélyes feszültségakkumulációk előrejelzésére (Bodoky et al. 1983a, 1983b). A csordakúti eredményeket nemzetközi szinten is publikáltuk, ez volt az osztály első átütő sikere és az azóta is legtöbbet idézett munkája (Körmendi et al. 1986).

A feszültségvizsgálatokkal párhuzamosan a Bányageofizikai Osztály fokozatosan fejlesztette a bányabeli szeizmikus mérések, elsősorban a tektonikakutató telephullámmérések eszköztárát, és megkezdte a tényleges bányabeli méréseket is. Az első mérések ismét Nógrádban, a *Lajgut Jenő* vezette Ménkesi Üzemben zajlottak (Bodoky et al. 1982b). A Nógrádi Szénbányák ekkor *Törös Endre* személyében egy nagyon jól szervező, saját geofizikussal is rendelkezett már, neki köszönhető hogy a nógrádi bányákban hamarosan rendszeressé váltak a mérések. *Törös Endre* maga rövidesen annyira bekapcsolódott az Intézet bányageofizikai fejlesztéseibe, hogy rendszeresen részt vett a más bányavállalatoknál végzett mérésekben is. Amikor aztán, a rendszerváltás viharaiiban, a nógrádi bányászat megszűnt, ő is az Intézet munkatársává vált.

A méréseket kezdetben egy mágneses regisztrálású SZM-24+6 típusú műszerrel végeztük, amelyet *Sédy Loránd* alakított át erre a célra, és az eredményeket – egyéb lehetőségek híján – kézi módszerekkel dolgoztuk fel (Bodoky et al. 1983c, Cziller, Bodoky 1984). Azonban ahogy a Bányageofizikai Osztály már rendelkezett digitális műszerrel, ez egy intézeti fejlesztésű ESS-1 mérnökszeizmikus berendezés volt, a folyamatosan gyűlő tapasztalatok alapján rögtön megindult a mérések számítógépes feldolgozásának fejlesztése is. Tekintettel arra, hogy egy bányabeli mérés, viszonylag kis mennyiségű szeizmogramot eredményezett, és arra, hogy a telephullámos feldolgozás műveletei jelentősen eltértek az általános szeizmikus reflexiós feldolgozás műveleteitől, ez a fejlesztés elvált az intézeti szeizmikus adatfeldolgozástól, és egy külön, PC-re alapozott, interaktív, bányaszeizmikus feldolgozórendszert hozott létre (Baky et al. 1987, Bodoky, Hermann 1986).

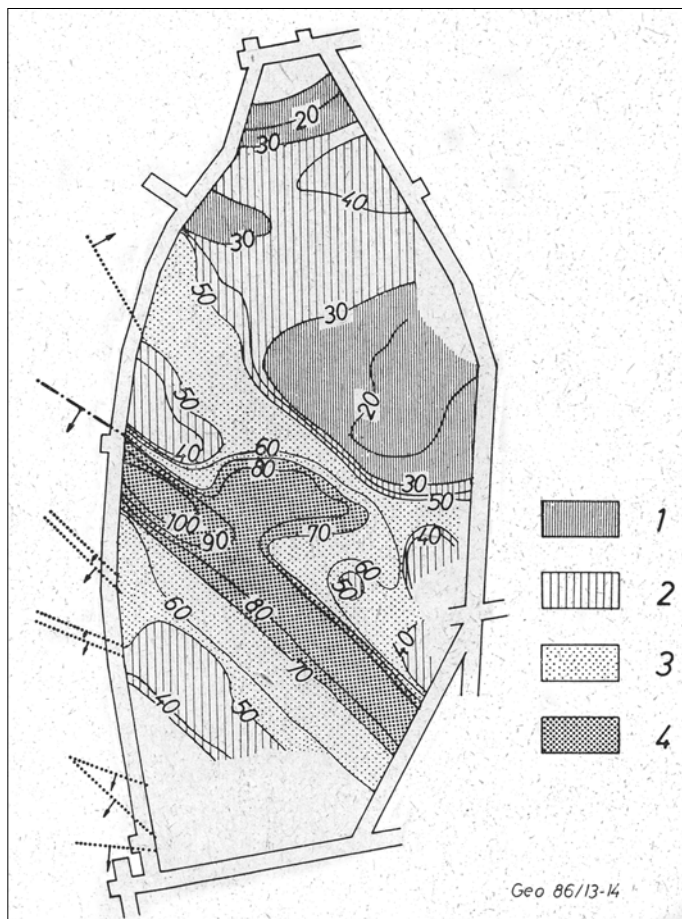
A már említett két fő feladat mellett a magyar szénbányák sokrétűsége további, a nemzetközi szakirodalomban nem tárgyalt feladatokat is generált. Ezek közül talán a legfontosabbak a dorogi szénbányák vízvédelmét szolgáló mérések voltak. Ezeket a méréseket *Gerstner Bálint* dorogi bányamérnök kezdeményezte, és céljuk mindig az volt, hogy meghatározzuk a vízveszélyes mészköveknek a fejteésektől való távolságát. A mérések a régi dorogi XXI-es aknaüzemben indultak (Bodoky, Gerstner 1985, Bodoky et al. 1985), majd ennek a bezárása és *Gerstner Bálint* sajnálatosan korai halála után elsősorban a lencsehegyi új üzemben foly-



6-6. ábra. Többtelepes szenes összetek diszperziós tulajdonságainak és a bennük terjedő telephullámok amplitúdóeloszlásának vizsgálata

tatódtak. A lencsehegyi telepek összetett volta, nagy vastagsága és a beágyazó kőzetekhez viszonyított kis sebességkülönbsége új, kifejezetten erre a bányára vonatkozó mérési metodika kifejlesztését tette szükségessé, és további elméleti vizsgálatokat is követelt (Bodoky et al. 1990a, 1990b). Az elméleti vizsgálatok egyébként a Bányageofizikai Osztály létezése idején folyamatos tevékenységet jelentettek, és minden fejlesztésnek részét képezték (Baki et al. 1998). Sajnos az eredmények egy része csak igen megkésve vagy egyáltalán nem került publikálásra. (Bodoky 2000, 2001).

Elmondható, hogy a 80-as évek közepére az Intézetnek már elméletileg megalapozott, jól felszerelt és korszerű feldolgozással rendelkező bánya-geofizikája volt (Bodoky et al. 1986a, 1986b). A mérések rutinszerűvé váltak, a mecseki

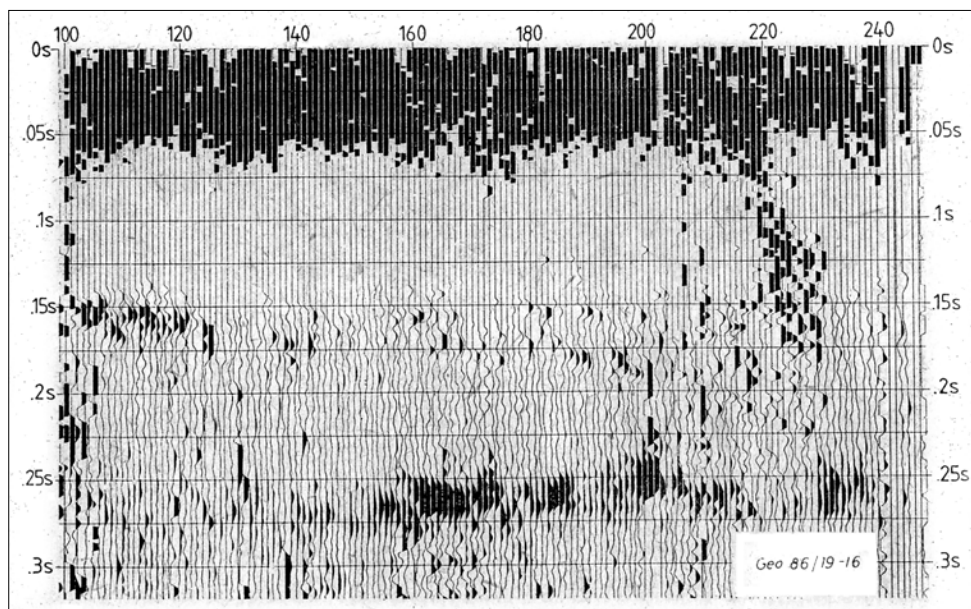


6-7. ábra. Szeizmikus telephullám átvilágító mérés eredménytérképe. A szeizmikus telephullámok Airy-frekvenciákra számított relatív átvilágíthatóság jól jelzi a (itt andezitáttörésekkel) zavart zónákat, 1 – átvilágíthatatlan, 2 – gyengén átvilágítható, 3 – jobban átvilágítható, 4 – átvilágítható zóna

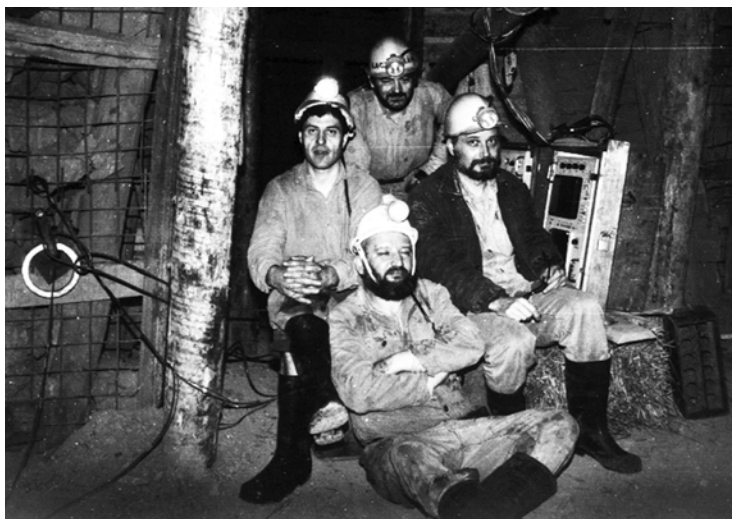
1989–90-ben a politikai változások hatására a magyar gazdaság szerkezete teljesen átalakult, és ennek az átalakulásnak áldozatává vált a bányászat. Az átalakulás során a bányászatot gyors ütemben gyakorlatilag teljesen felszámolták. Így

uránbánya üzemeit kivéve nemigen volt olyan magyar bányüzem, ahol a 80-as évek során az Intézet ne mért volna legalább egyszer (Törös, Bodoky 1988), de a nógrádi, a dorogi és a tatabányai bányákban a bányabeli geofizikai méréseket teljesen rendszeresen, szolgálatyszerűen végeztük.

Az évtized második felében már külföldre is elmerészkedtünk. A Bányageofizikai Osztály munkatársai jártak német és orosz bányákban, és többször is mértek különböző török, illetve kínai bányákban. A külföldi mérések nagy hátulütője az volt, hogy ott a kezes ESS-1 műszer helyett a szintén intézeti fejlesztésű, sújtólégbiztos, de igen nehézkesen kezelhető SSS-1 műszerrel kellett dolgozni (Bodoky, Hermann 1989a, 1989b, Baki et al. 1988b, 1989, Bodoky, Táborszky 1989).



6-8. ábra. Szeizmikus telephullám reflexiós mérés eredményszelvénye. Egy kisebb és mögötte egy nagyobb elvetésű vetőt jelez a mérés mintegy 100–110, ill. 160–170 m-re a mérő vágattól



6-9. ábra. Műszerállás a Tatabányai Szénbányák Nagygyeházi Bánya-üzemében. Mint szokásosan, hétféle műszakban, hátul Szabados László „áll”, középen Bakó György és Bodoky Tamás, előttük pedig Hermann László ül

rövidesen megszűntek az Intézet bányageofizikai munkái, illetve fejlesztései is, a Bányageofizikai Osztálynak profilt kellett váltania és át kellett alakulnia.

Mindent összevetve, elméletileg izgalmas, gyakorlatban érdekes és sok élményt nyújtó, tapasztalatot hozó munka volt a bányabeli geofizika, de megkésétt, mert amikor igazán beérett, a rendszerváltást követő (felelőtlen) bányabezárások miatt feleslegessé, holt tudássá vált.

## Irodalom

- Albu I., Bodoky T., Kaszás M., Kovács B., Posgay K., Ráner G. (1981): Szeizmikus módszer- és műszerkutatás: vibroszeiz mérési metodika kialakítása a Mecsekben topográfiailag erősen tagolt területen; a bányabeli szeizmikus mérések telephullámmodelljének meghatározása és az átvilágításos mérési eredmények számítógépes kiértékelése, A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1980. Évi Jelentése, szerk. Sz. Kilényi Éva, 61–72. o., ELGI, Budapest
- Baki Gy., Bodoky T., Scholtz P. (1987): Személyi számítógépekre kifejlesztett bányaszeizmikus feldolgozó rendszer, A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1986. Évi Jelentése, szerk. Sz. Kilényi Éva, 104–111. o., ELGI, Budapest
- Baki Gy., Bodoky T., Cziller E., Scholtz P. (1988a): Possibilities and limitations of recompressive filtering in the processing of in-seam seismic surveys. *Geophysical Transactions* 33, 221–236
- Baki Gy., Bodoky T., Czifra F., Sun X., Wang Y., Zhao Y., Yuan G. (1988b): Magyar bányageofizika Kínában. *Magyar Geofizika* 29, 168–189
- Baki Gy., Bodoky T., Czifra F., Sun X., Wang Y., Zhao Y., Yuan G. (1989): In-seam seismic survey in Feng Feng mine area, (in Chinese). *Coal Geology & Exploration* 1989/1, 50–56, (Xian)
- Bodoky T., Lajgut J., Ormos T., Sédý L. (1976a): Szeizmikus mérések alkalmazásának lehetőségei a szénbányákban. *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 109, 541–546
- Bodoky T., Lajgut J., Sédý L., Szeidovitz Zs. (1976b): Andezit áttörések előrejelzése bányabeli szeizmikus mérésekkel. *Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat* 109, 671–675
- Bodoky T. (1980): Szeizmikus és szeizmoakusztikus módszerek. In: *Geofizikai módszerek alkalmazása a szénbányászatban*. Fábiáncsics L., Frank L., Kisházi A. (ed.), NIMDOK, Budapest
- Bodoky T., Cziller E., Ormos T., Szabó I. (1981): Simple modelling of seam waves. In: *Proceedings of the 26 th International Geophysical Symposium, Leipzig*
- Bodoky T., Cziller E., Körmendi A. (1982a): Simple technique for modelling and recompressing SH type channel waves. *Geophysical Transactions* 28, 21–32

- Bodoky A., Bodoky T. (1982), Numerical modelling of seam waves. In: Proceedings of the 27th International Geophysical Symposium, Bratislava
- Bodoky T., Cziller E., Törös E. (1982b): Bányabeli szeizmikus vető kutatás. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1981. Évi Jelentése, szerk. Sz. Kilényi Éva, 50–51. o. ELGI, Budapest
- Bodoky A., Bodoky T. (1983): Preliminary results of numerical modelling of seam waves. Geophysical Transactions 29, 129–140
- Bodoky T., Dianiska L., Hermann L., Körmendi A. (1983a): Kőzetfeszültség-vizsgálatok a csordakúti alsó telepben. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1982. Évi Jelentése, szerk. Sz. Kilényi Éva, 111–117. o., ELGI, Budapest
- Bodoky T., Dianiska L., Hermann L., Kálmán T., Körmendi A. (1983b). In-seam seismology in the service of mining safety. In: Proceedings of the 28th International Geophysical Symposium, Balatonszemes
- Bodoky T., Cziller E., Törös E. (1983c): Practical applications and preliminary interpretation techniques of in-seam seismology. Geophysical Transactions 29, 141–154
- Bodoky T., Gerstner B. (1985): Geofizikai módszerek alkalmazása a vízveszélyes dorogi XXI-es akna bányászatában. Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat 118, 606–610
- Bodoky T., Cziller E., Braun L. (1985): Bányabeli szeizmikus mérések a dorogi szénbányák vízvédelmének szolgálatában. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1984. Évi Jelentése, szerk. Sz. Kilényi Éva, 80–84. o., ELGI, Budapest
- Bodoky T., Hermann L. (1986): A bányabeli szeizmikus átvilágítások számítógépes feldolgozása. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1985. Évi Jelentése, szerk. Sz. Kilényi Éva, 69–70. o., ELGI, Budapest
- Bodoky T., Hermann L., Dianiska L., Törös E. (1986a): A szeizmikus csatornahullámok alkalmazása a szénbányászatban – I. rész: Telephullám-átvilágító mérések. Magyar Geofizika 27, 157–182
- Bodoky T., Cziller E., Táborosky Gy., Törös E. (1986b): A szeizmikus csatornahullámok alkalmazása a szénbányászatban – II. rész: Telephullám-reflexiós mérések. Magyar Geofizika 27, 197–215
- Bodoky T., Hermann L. (1989a): Seismic channel wave techniques in coal mines – transmission method. [Voprosi dinamicheskoi teorii rasprostraneniya seismicheskikh voln (orosz nyelven)]. Sbornik Nauchnih Trudov 28, 56–68, (Leningrad)
- Bodoky T., Hermann L. (1989b): Csatornahullámos szeizmika szénbányászatban való alkalmazása – a csatornahullámos átvilágítás technikája (in Chinese). Szénbányászati Cikk Szakfordításai 1989/10, 1–15, Északkeleti és Belsőmongóliai Szénipari Egyesülés (Kína)
- Bodoky T., Táborosky Gy. (1989): Csatornahullámos szeizmika szénbányászatban való alkalmazása – a csatornahullámos reflexiós technika (in Chinese). Szénbányászati Cikk Szakfordításai 1989/11, 51–64, Északkeleti és Belsőmongóliai Szénipari Egyesülés (Kína)



- Bodoky T., Erdei M., Gutman Gy., Scholtz P., Spanyol J. (1990a): A bányageofizikai kutatások újabb tapasztalatai a dorogi szénmedencében. Magyar Geofizika 31, 37–46
- Bodoky T., Cziller E., Scholtz P. (1990b): Bányabeli reflexiós mérések alkalmazhatósága többreteges barnaköszéntelegekben. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1988-89. Évi Jelentése, szerk. Sz. Kilényi Éva, 137–143. o., ELGI, Budapest
- Bodoky T. (2000): Love típusú szeizmikus csatornahullámok amplitúdó eloszlása pontforrás esetén. Magyar Geofizika 41, 85–89
- Bodoky T. (2001): Love típusú csatornahullámok spektruma. Magyar Geofizika 42, 84–87
- Cziller E., Bodoky T. (1984): Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet tektonikai telephullám méréseinek rövid összefoglalása. Veszprémi Akadémiai Bizottság Értesítő 1984/III, 33–48
- Körmendi A., Bodoky T., Hermann L., Dianiska L., Kálmán T. (1986): Seismic measurements for safety in mines. Geophysical Prospecting 34, 1022–1047 (Oxford)
- Törös E., Bodoky T. (1988): Telephullám-szeizmikus mérések a Nógrádi Szénbányák bányüzemeiben. Bányászati és Kohászati Lapok – Bányászat 121, 773–778

## 6.3. Mérnök-geofizika 1990 után: szeizmikus kutatások

*Hermann László<sup>†</sup>*

Amikor a mérnök-geofizikai feladatok a volt Bányageofizikai Osztályhoz kerültek, amelyik azért korábban is végzett esetenként ilyen kutatásokat, ez egyben egy alapvető módszerváltást is jelentett. Ezen az osztályon a meghatározó kutatási módszer a szeizmika volt, és így a mérnök-geofizikai feladatokat is elsősorban a szeizmika felől közelítette eleinte.

A mérnökszeizmika a réteghatárok és egyéb inhomogenitások (üreg stb.) detektálását és térképezését célzó szerkezetkutatáson túl a P és S hullámterjedési sebesség és csillapodás meghatározásával fontos kőzetmechanikai paraméterek számítását teszi lehetővé. Módszereinek hazai megjelenéséhez, elterjedéséhez elengedhetetlen volt a munkatársak invenciózus műszer- és módszerfejlesztő tevékenysége. Az ELGI a tárgyalt időszakban lényegében önmaga állította elő a szükséges mérőberendezéseket és kiértékelési eljárásokat, programokat. Az igények és a feladatok növekedését jól mutatja az 1965–2005 közötti 40 évben kiadott 130 jelentés megoszlása, melyből látható, hogy az elvégzett kutatások száma fokozatosan megtízszereződött.

Mérnökszeizmikus mérések kezdetben esetleges, egyedi feladatok megoldására az 1960-as években Szeizmikus és Számítástechnika Főosztály, Hegyvidéki valamint Mély-



6-10. ábra. A főosztály dolgozói Sédy Lórit köszöntik „Pro Geofizika” kitüntetése alkalmából (1997). Ülnek: (balról jobbra) Pattantyús Á. Miklós, Sédyné Jutka, Deutschné Jakab Jutka, Sédy Lóránt, Hermann László, Kutassyné Borika, Szabados László, állnak: Holczinger Imre, Prónay Zsolt, Törös Endre

szerkezetkutató Osztályán történtek (Rákóczy István, Bodoky Tamás, Sédy Lóránd). Az 1981-ben megalakult Bányageofizikai Osztály (osztályvezető: Bodoky Tamás, majd 1990-től Hermann László) a szénbányászat és ezzel a bánya-geofizika iránti igény csökkenésével fejlesztő munkába kezdett a sekélyszeizmika területén. A piacgazdaságra való sikeres átállás Törös Endre vezetésével, a Mérnökgeofizikai Főosztály (MGFO) megalakulásával vált teljessé.

A megelőző időszak sekélyszeizmikus kutatásokkal foglalkozó „főnevei” kétségkívül Rákóczy Pista, (sosem István) és Sédy Lóri voltak, kulcsszavai pedig a rezgésvizsgálat és a „kisrefrakciós” nyersanyagkutatás, valamint a céljaikat szolgáló műszer- és módszerfejlesztés. A kisméretű, könnyen kezelhető, nagy dinamikájú, sokcsatornás szeizmikus adatgyűjtők megjelenésével kézenfekvővé vált a kis mélységű mérések felhasználása egyrészt a mélyszeizmikus kutatásoknál a

statikus korrekció céljaira, másrészt a mérnök-geofizikai feladatok megoldására. A módszer elterjedését nagyban segítette a sörét nélküli vadásztöltényt alkalmazó, SR típusú rezgéskeltők (SR-II „Keguru” 1974, majd a „Sédy-puskák”) megbízhatóan működő típusainak megjelenése. A megnőtt termelékenység megnyitotta az utat a nagy adattömeget használó reflexiós és tomográf típusú vizsgálatok előtt. Meg kell említeni még, hogy a felszínközeli inhomogenitások azonosításához mindmáig elengedhetetlen az egyedi szeizmogramok alapos szemrevételezése és a különböző hullámtípusok elemzése.

A bányabeli kutatásokról a felszíni kis mélységű kutatásokra átálló osztály saját erőből megvalósított, illetve beszerzett legfontosabb hardver, illetve szoftver eszközei a következők voltak:

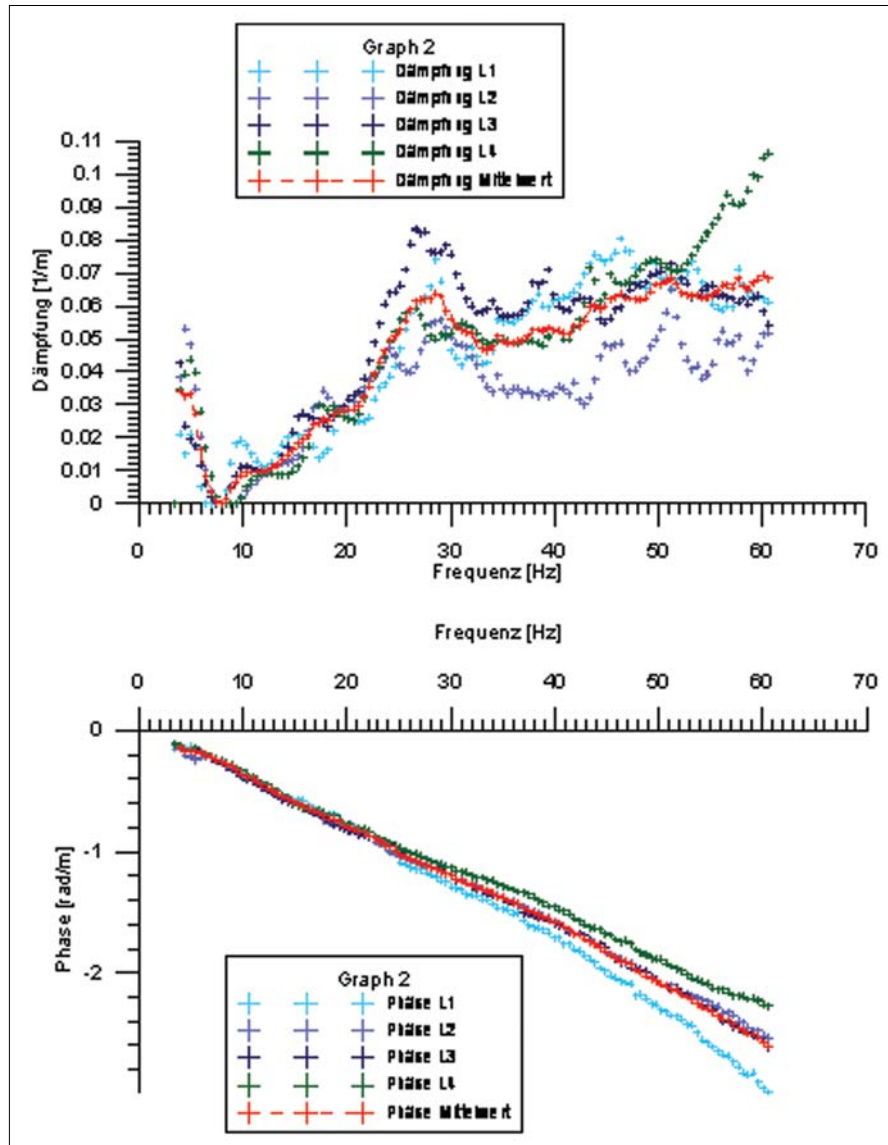
- Görbült sugárutas szeizmikus tomográfia (1981–, *Hermann, Dianiska, Prónay*)
- Crosshole elektrodinamikus kalapács, szondafüzér (1992–, *Törös, Prónay, Hermann, Szabados*)
- Downhole tört sugárutas inverzió automatikus réteghatárokkal (1996–, *Hermann*)
- Sekélyrefrakciós, reflexiós feldolgozás (1991–, *Neducza, Prónay*)
- Vízi mérések hardware és software eszközei (1996–, *Prónay, Szabados*)
- Rayleigh-hulláminverzió (1998–, *Hermann, Prónay, Tildy*)

A továbbiakban a mérnökszeizmika történetét módszerenként mutatjuk be.

### 6.3.1. Rezgésmérés

Bár a szeizmikus adatgyűjtők nem a rezgésszabványok előírása szerint mérnek, az ismert átvitelű geofonok adatainak utólagos feldolgozásával minden szabvány szerinti paraméter vizsgálható, a sokcsatornás szeizmogramból pedig többletként a rezgések epicentruma és a talajok frekvencia szerinti átvitele is meghatározható. Az első ELGI-s rezgésmérés az Intézet saját székházának építésével kapcsolatos, ezt *Rákóczi* végezte 1967-ben. A hitelesített Pionír2-vel végzett mérések eredményei megnyugtatták a környék lakóit.

A kőbányai víztorony felrobbantásánál keltett rezgések megfigyelésénél felhasználták a TV Híradó felvételeit is. A jelenleg is használt Bruel+Kjaer rezgés-



6-11. ábra. Satu Mare-ban (Szatmárnémetiben) észlelet rezgésterjedési paraméterek. A felső görbesor a különböző helyeken mért rezgések távolságfüggő csillapítását, az alsó a távolságfüggő fáziseltolódását adja meg a frekvencia függvényében

mérő célműszer első alkalommal az Állami Biztosító létesítendő számítógépközpontjával kapcsolatban került alkalmazásra.

Különleges volt 1993-ban a veszprémi titokzatos, napi rendszerességgel fellépő zaj-és rezgésjelenség okának felderítése. Antennaként 24 csatornás keresztterítést alkalmazva, hosszú idejű regisztrálással sikerült meghatározni a mozgó forrás nyomvonalát és sebességét, ennek alapján kideríteni, hogy a városi vízvezeték szelepeinek megnyitásakor fellépő „vízlökés” okozza a jelenséget. A vizsgálatokat *Hermann László* és *Prónay Zsolt* végezte.

Fontos feladatként merült fel néhány – nem az ELGI-t érintő – bírósági ügyben az utólagos rezgésdiagnosztika. A robbantások vagy egyéb nagyenergiájú mesterséges rezgések, mit például az M7-es felújításánál alkalmazni tervezett betontörők vagy a lemezmegmunkálás gépei által okozott esetleges károk előzetes felderítése vagy utólagos meghatározása csak modellvizsgálattal, a talajszerkezet rezgésátviteli tulajdonságainak ismeretében végezhető el.

### 6.3.2. Geotechnika

A mérnökszeizmikus vizsgálatok fő feladata rugalmassági modulusok térképezése a hullámterjedési sebességek alapján. Ezek már az építés-előkészítés fázisában is (úm. előzetes földtani ismeretek beszerzése és az alapozással kapcsolatos tervezési feladatok) fontosak. Mivel a kőzetek és a szerkezeti anyagok állaga befolyásolja a hullámterjedési sebességet, a sebességviszonyok térképezése műtárgyak esetén hasznos diagnosztikai eszköz lehet.

A változatos összetételű és állapotú felszínközeli összetetekben a sugárút maga is a sebességtér függvénye, így vagy sok sugarat mérünk ki (tomográfia, többszörös fedés), vagy az adó/vevő együttest bejuttatjuk a vizsgálandó helyre (crosshole). A módszer mindenképpen olcsóbb, mint a fúrásos feltárás, és a zavartalan mintavétel lehetetlensége miatt gyakran ez az egyetlen információszerzési lehetőség.

### 6.3.3. Szeizmikus tomográfia

A szeizmikus vizsgálatok során a sebességet ( $V$ ) és/vagy csillapodás- ( $Q$ ) eloszlásokat vonalintegráljaikból (beérkezési idő ( $T$ ), detektált amplitúdó ( $A$ )) határozzuk meg, ami a tomográfia alkalmazásának speciális esete. A Bois-féle fúrólukak közötti átvilágítási eljárást bányabeli feladatokra adoptálva (1980-ban) kiderült, hogy a módszer időigényes és gyakran divergens.

A továbbfejlesztés során az inverzióra a SIRT algoritmust alkalmaztuk, majd a sugárútkövetést az „expanding horizon” eljárással oldottuk meg. Ezzel elértük, hogy sebességtomográfia az ún. bemerülő hullámos geometriát is lekezelet. Az algoritmus kidolgozása és a program elkészítése *Hermann László, Dianiska László és Prónay Zsolt* munkája volt.

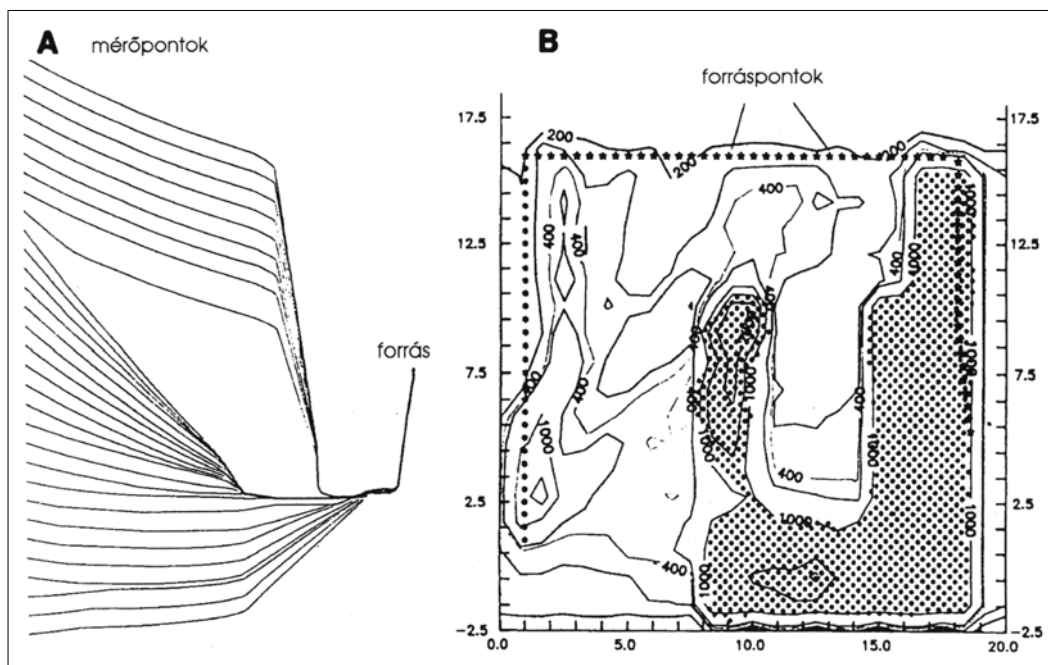
#### 6.3.4. Refrakció, downhole

„Az építőipari ásványvagyon minőségének és mennyiségének meghatározására, térképezésére a refrakciós módszer használható, mivel paraméterei alapján az üde haszonkő geofizikailag elkülöníthető a meddőtől, és körülhatárolhatók azok a nagyobb kőzettestek, amelyek gazdaságos bányászkodásra mind mennyiségileg, mind minőségileg alkalmasak” (Évi Jelentés 1967). A *Rákóczi* által külfejtési célból kisrefrakcióval végzett kutatások alkalmazhatóságát az alábbi példák jelzik: gránit (Sukoró, 1967), agyag (Neszmély, 1968), szén (Nyírmed, 1972), márga (Bélapátfalva, 1977), bauxit (Németbánya, 1986) és bazalt (Kóspallag, 1993). A módszer örökérvényűségét mutatják a Velencei-hegységben tervezett PB gáztároló helyén 1999-ben, illetve a bátaapáti kutatási területen 1996-ban végzett refrakciós vizsgálatok. Az aljzatsebesség szakaszolására átvettük a PSQ mérésekre kidolgozott regressziós algoritmust, amely a sebességértékek konfidenciaintervallumait is megadja.

A szeizmikus sebességmeghatározáshoz végzett szeizmokarotázs (a mérési elrendezéstől függően up- vagy downhole) kőzetminősítési célú felhasználása korán megjelent (Bélapátfalvi Cementművek márgabányája, 1977). A Paksi Atomerőmű földrengésbiztonságát célzó nemzetközi vizsgálat downhole mérés részét az MGFO végezte (1996, *Törös, Herman, Prónay*). Az adatok tört sugárutas iteratív inverziója 80 m-ig az előírt mélységfelbontással adta a P és S sebességet (*Hermann*). A sebességek mellett a csillapodást (jósági tényező, *Q*) is meghatározó ún. PSQ mérést a bátaapáti kutatáshoz fejlesztettük ki.

#### 6.3.5. Crosshole

A fentieknél drágábbak, de egyben megbízhatóbb, esetenként több információt adnak a két vagy több fúróluk között végzett mérések. A vizsgálatoknak nincs magyar nevük. A crosshole közeli (5–10 m) lyukakban, azonos mélységben szimultán mozgatott adó/vevő közötti, vízszintes sugárúton történő mérést jelent,



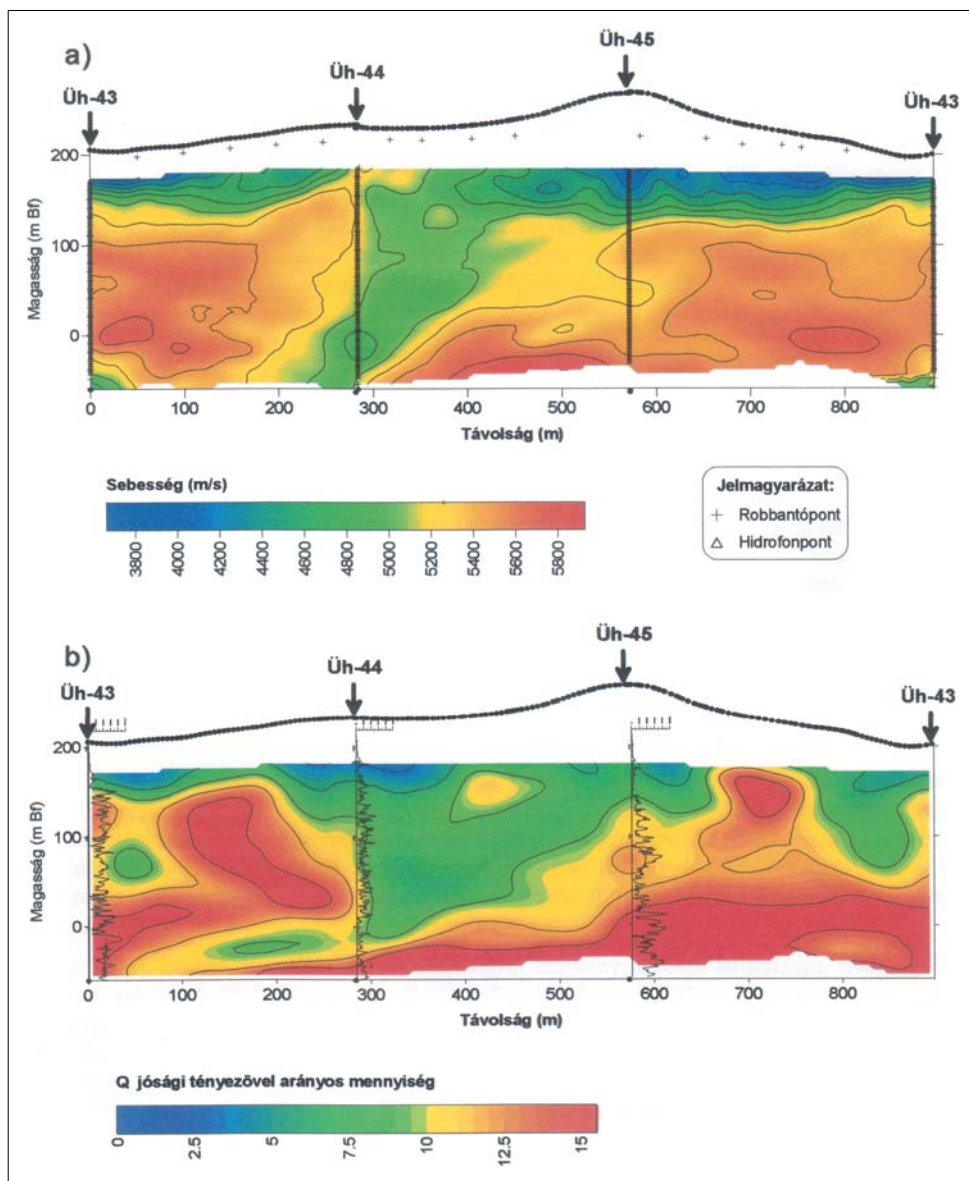
6-12. ábra. Az Esztergomi rondella vizsgálata. A – egy forráspont sugárút képe, B – az eredmény: a rondella metszete

melynek eredményei egydimenziós mélységfüggvények. A crosswell távoli (50–500 m) lyukak között a tomográf módszernek megfelelő, 2D sebességtérképet eredményező mérés.

A crosshole mérésekhez szükséges, fúrólyukban működő P és S hullámforrást, valamint a sokcsatornás hidrofonfüzért az MGFO fejlesztette ki OMFB támogatással 1991–92-ben („Dinamikus Young-modulus és Poisson-hányados meghatározása kis mélységű fúrólyukak közötti szeizmikus átvilágítással”, Törös, Hermann, Prónay, Szabados). Az elektrodinamikus mozgató, fel/le ütő S forrás lehetővé teszi ellentétes polaritású transzverzális hullámok keltését és összegzését.

A nagyobb dimenziókat lefedő tomográfiához (Bátaapáti) a nagyobb teljesítményű, az olajipari tengeri mérésekhez is használt, nagy nyomású gázzal működő „air-gun”-t meg kellett vásárolni.

Érdekes példa a Budai vár Esztergomi rondellájának „szódásüveg” geometriájú tomográfiával történt vizsgálata 1993-ban. A rondella függőleges tengely-



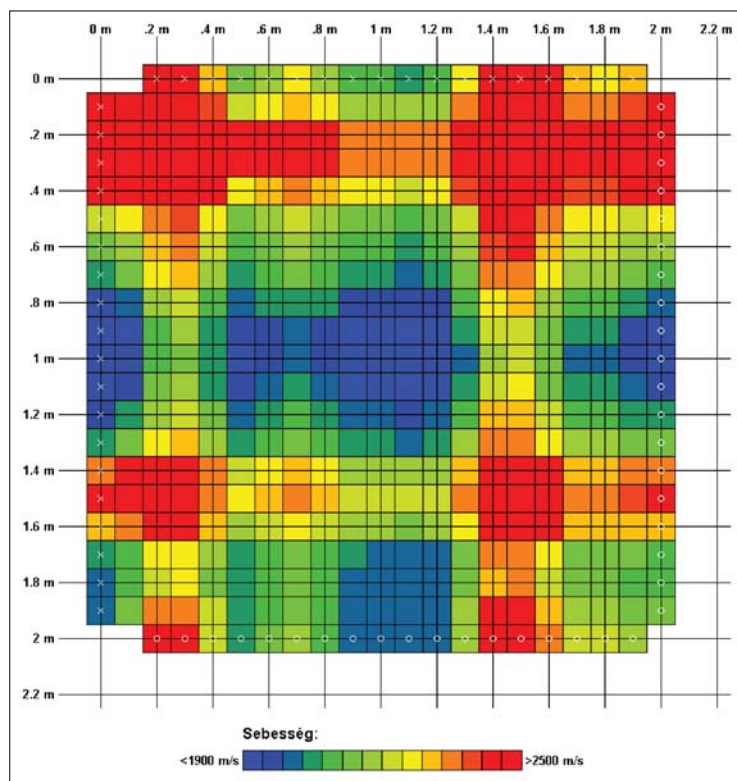
6-13. ábra. Bataapáti tomografikus mérés. Felső: hektométeres nagyságrendű sebesség tomográfia, alsó: abszorpciós tomográfia



ében mélyített fúrás és a fal függőleges alkotói között végzett mérés görbült sugárutas SIRT feldolgozásával kapott sebességtérképen jól látszik a laza feltöltés belsejében a nagy sebességgel jelentkező középkori várfal.

A crosshole/crosswell módszert ipari nagylétesítmények alapozásának tervezésénél (TVK, Százhalombatta) és kőzetminőség meghatározásánál (Bátaapáti) alkalmaztuk.

Az 1995–2005 közötti évtizedben az MGFO legnagyobb volumenű és szakmailag legkihívóbb, legérdekesebb munkája a „Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése – telephely-alkalmassági vizsgálatok” c. projektben való részvétel volt (megbízó MÁFI).



6-14. ábra. Távweték oszloplábának tomografikus sebességtérképe. Deciméteres méretű sebesség vizsgálat: a nagy sebességű részek a jelzik a jobb, a kis sebességűek a gyengébb állagú helyeket

A kutatás legfontosabb célja és eredménye a gránittest jellemzése volt. Az egyazon szelvényben mért reflexiós és lyukközi szeizmikus tomográfmérések együttes értelmezése a gránittest blokk- és tömbszerű szerkezetére adott információt, a csökkent sebességű szerkezetekhez a vízföldtani adatok alapján vízvezető szerkezetek kapcsolhatók.

A fedő/fekü nagy (hétszeres) sebességkontrasztja ellenére az alapos módszertani vizsgálatokkal megtervezett reflexiós mérés és feldolgozás eredményeként a szelvények a szálban álló gránit felszínének részletes leképezésén túl megítélésünk szerint leképezték az üledék és a bontott gránit szerkezetét, és várakozást meghaladó mélységig (300 m) a gránittestbe is beeláttak.

A területen mélyített fúrások többségében a szeizmokarotázs frekvenciáitól lényegesen eltérő szeizmikus frekvencián (50–100 Hz) downhole mérések történtek, melyek adataiból jósági tényezőt is meghatároztunk (PSQ).

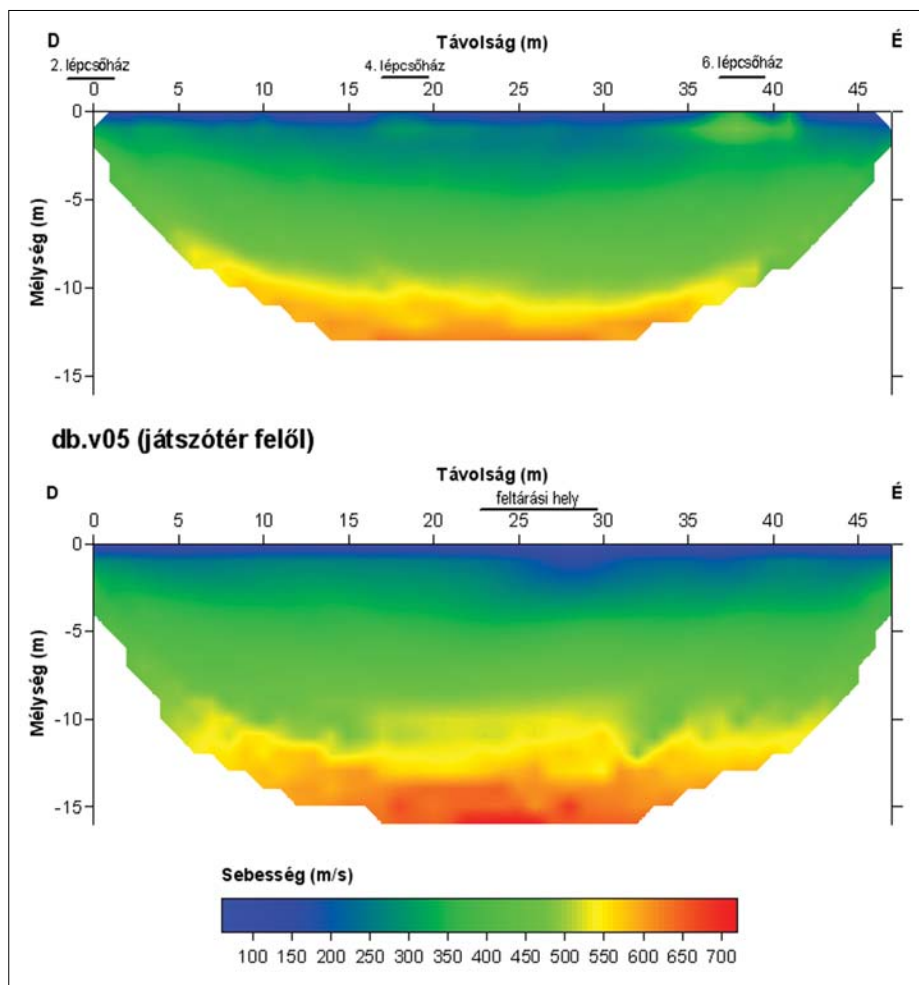
Az egymástól akár több száz méterre lévő, több száz méter mély fúrások között, a fellépő komoly jelkeltési/-vételi problémák megoldása (air-gun, hidrofönfűzér) után végzett mérések adataiból görbült sugárutas SIRT algoritmussal számítottunk sebességtomogramokat. Ezeken az eltérő sebességű blokkok határozottan elkülönülnek, a makroszerkezeti irányok és a vízföldtani szempontból fontos kis sebességű zónák kijelölhetők.

A méretskála másik végén, a kisméretű, de nagy hullámterjedési sebességű betontárgyak állagellenőrző akusztikus vizsgálatánál nem könnyű a pontossági követelmények teljesítése és az azonos csatolás megvalósítása. Gondos munkával azonban használható eredmények kaphatók néhány deciméteres tárgyak, például távvezetékoszlopok lábai esetén is.

### 6.3.6. A Rayleigh-hullámokon alpuló vizsgálatok

A testhullámokat alkalmazó módszerek mellett viszonylag korán megjelent a minden felszíni szeizmogramon domináló, nagyenergiájú Rayleigh-hullámok (zavarhullám, felszíni hullám) elemzése is. Az általunk ismert legelső példa erre *Rákóczi* 1988-ban, az FTV-vel közösen végzett zavarhullám sebességmérésén alpuló tömörödésvizsgálata, illetve még korábban *Szeidovitz* pécsi pincekutatása.

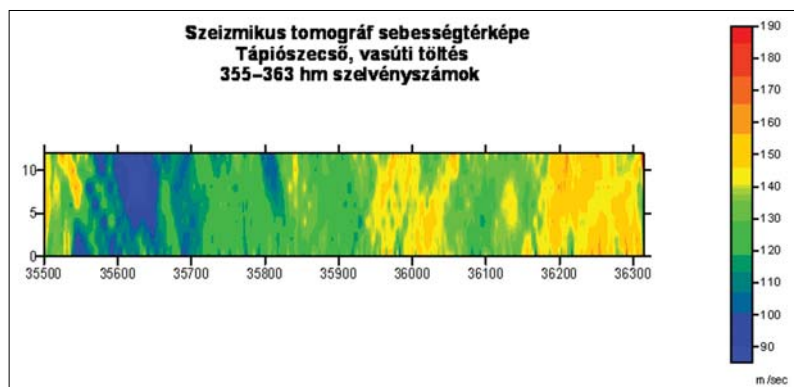
A felszíni hullámok diszperziós tulajdonságainak elemzése ugyan bonyolult inverziós feladat, de hasznos információt ad az általa nyíróhullámának sebességviszonyairól. A felszíni hullámok rendszeres alkalmazása az MGFO-n



6-15. ábra. Dombóvár, kábelalagút-mérés Rayleigh-hullámtomográfiával. Az épület alatti hozzáférhetetlen térrész állagvizsgálata

1992-ben kezdődött, majd ennek két fő felhasználási területe alakult ki: csoportsebesség-tomográfia és a MASW.

A csoportsebesség-térképezés lehetővé teszi a nyíróhullám-sebességek térképezését hozzáférhetetlen térrészek alatt is, jellemzően 10 m-es mélységig (üregkutatás épületek alatt, tömörebb/lazább tartományok térképezése).



6-16. ábra. Tápiószecső, vonalas létesítmény állagvizsgálata

Nagyméretű, földből készült műtárgyak (gátak, töltések) szeizmikus vizsgálata szintén munkaigényes, de rutinszerűen végezhető csoportsebesség-tomográfiával. Ilyen esetekben a probléma az egyáltalán terjedő, azaz alkalmazható kis frekvenciákhoz tartozó rossz felbontás, ami esetenként értelmetlenné teszi a mérést (pl. ürgelyukak kimutatása).

Az egyik, legnagyobb volumenű mérés a Komárom–Almásfüzítő árvízvédelmi szakasz vizsgálata volt 2002-ben. A mérés során 3260 m hosszban kb. 70 000 sugárúton határoztuk meg a terjedési időket, ami a kb. 30 000 m<sup>2</sup> területen jó sugárfedettséget adott. Hasonló méretben, vasúti töltésen végzett vizsgálat volt ugyanabban az évben Tápiószecső közelében. Gátestvizsgálat volt még Esztergomban (2003), valamint vasúti/közúti töltésen végeztünk hasonló mérést Csór-Nádasladánynál, Békéscsabán (Hermann, Neduczka, Prónay).

A Rayleigh-hullámok MASW analízisével fúróluk nélkül meghatározhatók a felszínközeli összlet S sebességviszonyai, melyekből az alapozáshoz szükséges modulusok és földrengések helyi hatása (site effect) számíthatók. Első, 1991-ben végzett OTKA vizsgálatunk Berhidán szisztematikus mérésekkel járt, de tájékozódó jellegű volt (Prónay).

Az 1996-ban indított intézeti szintű „Magyarország földrengés-veszélyeztetettségének vizsgálata” c. téma keretében az MGFO kidolgozott egy standardizált mérési-feldolgozási rendszert a felső 30 m-es összlet transzverzális hullámterjedési sebességének ( $V_{s30}$ ) meghatározására feszíni hullámok inverziója alapján (Hermann, Tildy). Ez a mennyiség nemzetközileg elfogadott jelzőszáma a földrengés helyi átviteli függvényének, segítségével térképezhető a lokális ve-

szélyeztetettség. Az eljárás konzisztenciáját térképek alapján két budapesti kerületben teszteltük. NATO pályázat keretében a nyugat-anatóliai dinári földrengés (1995) káreloszlásával és annak okaival kapcsolatos, török kollégákkal közösen végzett vizsgálatokról a *Geophysical Journal International* 2006. évi, 165. számában számoltunk be (Kanli, Tildy, Prónay, Pinar, Hermann 2006).

### 6.3.7. Üregkutatás

A felszín alatti üregek kimutatása és térképezése nehéz és örökzöld feladat. Megoldására általában csak komplex (radar, geoelektromos és szeizmikus) módszerrel van remény, ezen belül a szeizmikus hullámterek minden, a szeizmogramon rögzített típusának részletes elemzésére szükség van.

Üregkutatás céljából szinte az ország összes „pincés” helységében (Tálya, Szekszárd stb. ) megfordultunk több-kevesebb sikerrel. Budapest, Kőbánya a kő- és agyagbányászkodás miatt vissza-visszatérő probléma. Itt a részben ismert üregek felett tesztelhetők voltak a visszaszórt (refrakció, reflexió), illetve az épületek alatti teret átvilágító hullámokat (tomográfia) analizáló módszerek (Törös 1993–96). 2004-ben mikrogravitációs és szeizmikus módszerek együttes alkalmazásával végeztük el az Óhegy park és a Sportliget kiüregelődése mértékének és folyamatának felmérését (Törös, Prónay, Kis 2004).

Budán a természetes eredetű, esetenként természetvédelem alatt álló barlangok okoznak problémát, itt a mészkőben jobb eredményt ad a radar. Tapolcán a fúrásos feltárás jó találati aránnyal igazolta a hiperbolák elemzése alapján detektált üregeket, Szekszárdon egy lakóház fürdőszobája alatt a Rayleigh-tomográfia helyszíni feldolgozása alapján kijelölt üreget sajátkezűleg fel is tártuk (Prónay, Szabados).

### 6.3.8. Vízi mérések

A nehézkes, sok munkával járó szárazföldi és az esetenként hangulatos kirándulás jellegű vízi mérések között átmenetet képeznek a tavi jégen történő mérések. Detzky és társai neotektonikai információszerzés céljából sikeres mérést végeztek 1996-ban, lékbe lógatott hidrofonokkal és sparkerrel tavi jégen.

A Mérnökgeofizikai Főosztály vízi szeizmikus mérésekkel 1995-ben kezdett el foglalkozni (Prónay Zsolt), és az eltelt időben széles spektrumú műszeregyüt-



6-17. ábra. Vízi szeizmikus mérés a Balatonon

test fejlesztett ki, illetve szerzett be, melyek lehetővé teszik a fenék kutatását az 1–50 m-es mélységtartományban cm-es, illetve dm-es felbontással.

A Főosztály műtárgyak létesítésével kapcsolatos vízi szeizmikus méréseket végzett a Dunában a 4-es metro nyomvonalának kijelölése során, illetve rendszeresen végez iszapvastagság-mérést (Balaton, zagytározók), de kerestük már egy bányatóban a „balástyai rém” áldozatát is. Legutóbbi nagy vízi mérésünk Norvégiában volt.

Fontos eredménynek tartjuk annak a dolomitszirtnek vízi szeizmikus méréssel történt kimutatását, amely a Szabadság híd budai pillére közelében van, és a Duna alatt tervezett alagút éppen átmegy rajta. Itt a Gellért fürdő forrásaival való lehetséges kapcsolat miatt volt szükséges a vizsgálat.

2004 után a hangsúly az államilag előírt – támogatott – módszerfejlesztésre tolódott át. Fontosabb feladataink a következők voltak:

- 2004 új módszerek (pl. diffrakciós tomográfia, sebesség- és amplitúdóvizsgálat) fejlesztése
- 2005 Rayleigh-hullámokra alapozott tomográfia fejlesztése, diszperziós vizsgálatok statisztikus analízise

- 2006 vezetett hullámok amplitúdóinformációinak térképezése
- 2007 talajszennyeződés terjedésének modellezése
- 2008 passzív MASW

## 6.4. Mérnök-geofizika 1990 után: geoelektromos kutatások

*Plank Zsuzsanna*

### 6.4.1. Előzmények

A geoelektromos kutatások az ELGI Gravitációs és Geoelektromos Főosztályán az 1990-es éveket megelőzően jórészt a nyersanyag-kutató és vízkutató feladatok megoldásához kapcsolódtak. A preferált szeizmikus kutatások kiegészítéseként a felszíni mérési módszerek közül a Vertikális Elektromos Szondázás (VESZ) volt a legelterjedtebb. Az így létrejött mérési adatok máig is alapját képezik az ELGI első digitális adatbázisának, a GAIA-nak. Azokon a területeken, ahol a szeizmika földtani vagy egyéb okok miatt nem válhatott egyeduralmúvá, jelentős módszertani eredményeket sikerült elérni. Ilyen volt például a bauxit-kutatás *Szabadváry László* irányításával (további kutatók: *Kakas Kristóf, Tóth Csaba, Simon András* és mások). A vízkutató feladatok elvégzése a hazai területeken túl több nemzetközi expedíció (pl. Mongólia) témája is volt. Történtek kísérletek föld alatti, bányabeli mérésekre is, de ezek nem hoztak átütő eredményt.

### 6.4.2. Geoelektromos kutatás a Mérnökgeofizikai Főosztályon

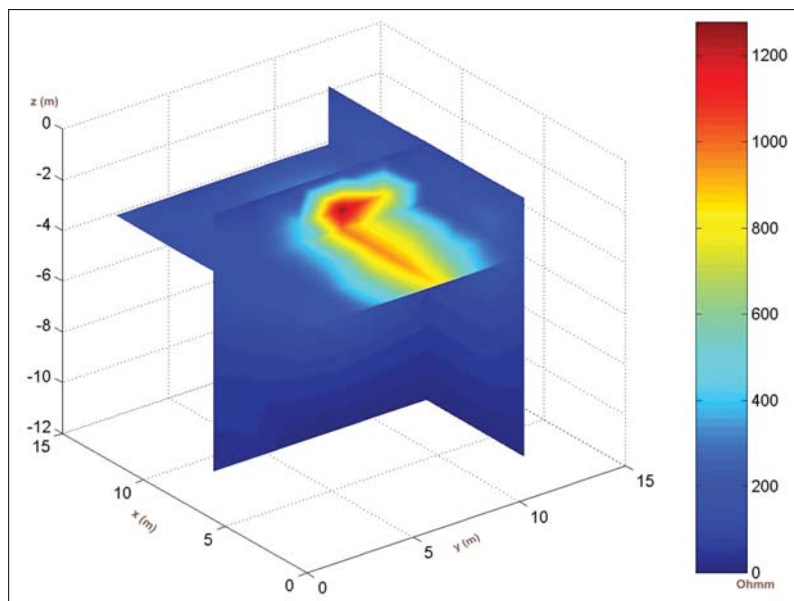
#### 6.4.2.1. Módszertani háttér

A mérési adatok feldolgozása kézi-grafikus úton, mestergörbék segítségével történt még az 1990-es évek elején is. A számítástechnika fejlődésének köszönhetően ekkor kezdtek megjelenni az egyedi pontok inverzióját elvégezni képes, de jórészt csak félautomata programok, melyek alkalmazása sokáig nehézkes maradt. Ezek nem helyettesítették, inkább csak kiegészítették, gyorsították a kézi feldolgozást. Később az egyre fejlettebb programok (pl. *Prácser Ernő* kiértékelő programja) már kísérletet tettek a mélység – fajlagos ellenállás ekvivalenciájának kezelésére oly módon, hogy megadták a lehetséges határértékeket, valamint

legvalószínűbbnek nevezték az értéksávok középértékeit, de ez magát a problémát nem oldotta meg.

A mérnök-geofizikai gyakorlatban felmerülő legtöbb feladat a felszínközeli (0–20 m) térrészre vonatkozik, és jellemzően inkább horizontális, mint vertikális irányú kiterjedése van (pl. hosszan elnyúló szennyeződés, egyéb anomália). Ilyen esetekben a VESZ nem ad megbízható megoldást, ezért kezdetekben nem is nagyon terjedt el a mérnök-geofizikai gyakorlatban.

Jelentős áttörést hozott a kétdimenziós feldolgozási rendszerek megjelenése, melyek elterjedése a PC-k széles körű alkalmazásának volt köszönhető az 1990-es évek elején. Barker (1992) kifejlesztett egy gyors, csillapított legkisebb négyzetek elvét használó inverziós - rekonstrukciós eljárást a kétdimenziós mélység-fajlagos ellenállás szelvények feldolgozására. A módszer kvázi-Newton eljárásen alapul, és nem szükséges hozzá iterációkat végezni. Loke és Barker (1996a) továbbfejlesztette ezt az eljárást, és a rekonstrukciót beillesztette egy olyan inverziós algoritmusba, mely már 3-4 iterációs lépés után megbízható eredménnyel szolgált. Ez egy olyan fajlagosellenállás-eloszlási kép volt, amelyet a nem szakmabeli megfigyelő is értelmezni tudott a jelentésben leírtak alapján,



6-18. ábra. Eltemetett pince 3D fajlagosellenállás-leképezése



így a megbízók számára is kedvező volt. Az ELGI mérnök-geofizikai csoportja ezt a feldolgozási rendszert azonnal, 1996-tól kezdte alkalmazni, hamarosan a Térképezési Főosztály is bevezette.

A következő nagy előrelépés a háromdimenziós mérési és feldolgozási rendszerek megjelenése volt. Az ELGI-ben is átvett feldolgozási módszert Loke és Barker (1996b) dolgozta ki. A Mérnökgeofizikai Főosztályon *Plank Zsuzsanna* vezetésével 2001-ben kezdődött egy 3D-s modellezésen alapuló elméleti kutatás, majd amint rendelkezésre állt az első háromdimenziós mérési rendszer, megkezdődött a gyakorlati alkalmazás is. Az országban először az ELGI-ben sikerült geoelektromos módszerrel eltemetett objektumot három dimenzióban lehatárolni. A későbbiek során – ahol lehetett – a 3D-s mérést kiterjesztettük fúrólukbéli elektródákkal.

*Neducza Boriszláv* irányítása alatt a fejlesztések legújabb irányát a gerjesztett polarizáció (GP) módszerének bevonása jelenti a geoelektromos eszköztárba. A módszerrel mért tölthetőségi értékek inverziója szintén megoldott 3D-re is, és akár önmagukban, akár a fajlagos ellenállásmérésekkel közösen értelmezve adnak pontos képet a felszín alatti földtani szerkezet vertikális és horizontális irányú elrendezéséről.

#### 6.4.2.2. Eszközpark

Kezdetben az 1D VESZ mérések kivitelezéséhez a saját fejlesztésű Diapir műszert alkalmazták. A műszeren kézzel kellett mérési pontonként és elektródapozícióként beállítani a geometriai tényezőt. Minden észlelést kétszer megismételtek, és az értékeket átlagolták. Egy átlagos, 1000 m maximális terítéstávolságú pont lemérése így 15–20 percet vett igénybe.

Kétdimenziós mérések elvégzéséhez az ELGI a Sorensen (1996) által kifejlesztett, sokelektrodás módszert alkalmazta. Már ekkor, 1996-ban sikerült házon belül elkészíteni egy kézi kapcsolású rendszert, mellyel kétdimenziós méréseket lehetett végrehajtani. 1998-ban a korábbi ELGI dolgozókból alakult Triász Kft. kifejlesztett egy automatikus, számítógép-vezérelt mérési rendszert az eredeti Diapir ellenállásmérő műszerhez illesztve.

2005-ben a Mérnökgeofizikai Főosztály az elérhető, egyik legmodernebb felszíni 3D-s geoelektromos mérési rendszert vásárolta meg (AGI gyártmány).

Ezzel a mindennapi gyakorlati problémák megoldása mellett kísérleti kutatást is végeztünk a különböző mérési elrendezések és az elérhető mélységbe-



6-19. ábra. Diapir műszer (ELGI)



6-20. ábra. Sokelektrodás mérési rendszer vezérlőműszere

hatolás, felbontóképesség viszonyát illetően. További eszközbővítést jelentett a GP-mérésekhez szükséges, nem polarizálódó elektródák és fúrólukbeli elektródafüzérek beszerzése. Jelen pillanatban a rendszer képes nagy felbontású, megbízható felszíni és fúrólukbeli fajlagos ellenállás és elektromos tölthetőség típusú mérések elvégzésére egyszerre 168 elektródából álló terítéssel. Internetes kapcsolat fennállásának lehetősége esetén mind az adatgyűjtés, mind az adatok letöltése az észlelő terepi jelenléte nélkül is megvalósítható.

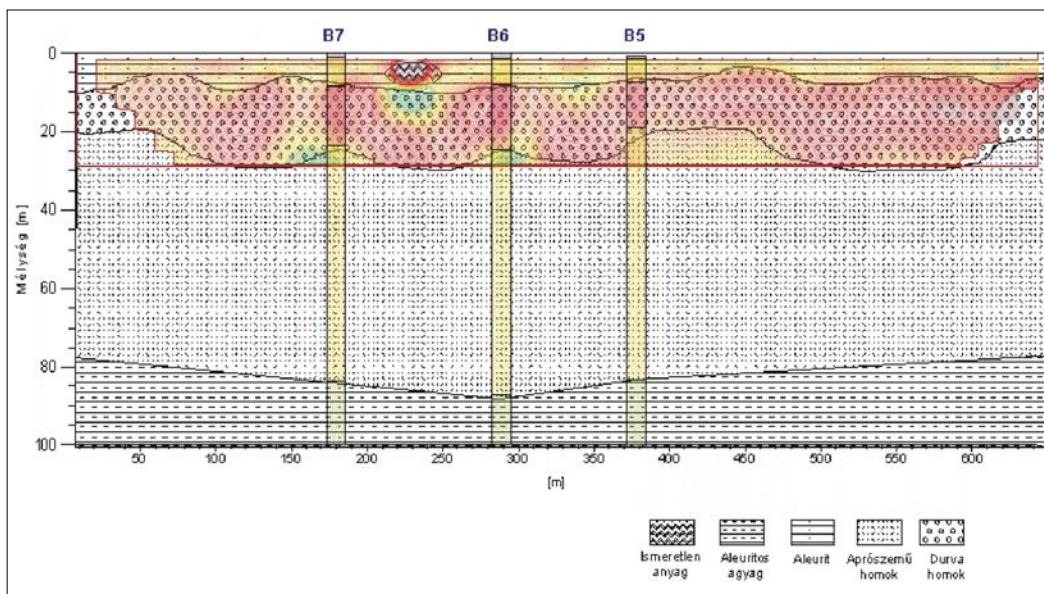
#### **6.4.3. A mérések legfontosabb alkalmazási területei**

A Bányageofizikai Osztályból alakult mérnök-geofizikai csoport, később főosztály tevékenysége az évek során egyrészt a társadalmi igényeknek, másrészt a műszaki lehetőségnek megfelelően folyamatosan változott. A bányászathoz kapcsolódó feladatok visszaszorultak, egyre nagyobb teret nyertek a kis kutatási mélységbeli problémák: eltemetett objektumok kimutatása, víz- és környezetvédelem, geotechnika, alapozásvizsgálat stb.

A sokelektrodás mérési rendszer beüzemeléséig sekély geoelektromos kutatás (20 m-nél kisebb kutatási mélység) szinte kizárólag a szeizmikus módszer kiegészítéseként került alkalmazásra, főképp üregkutatási feladatok megoldása során. Nagyobb mélységtartományban végzett méréseknél továbbra is a VESZ módszer volt bevetendő. Két jelentős nyersanyag-kutatási projekt során is ez szolgáltatta a területi átfogó adatokat, melyek értelmezéséhez természetesen további eljárások alkalmazására is szükség volt. Mindkét projektnél többhektáros területen lévő vulkáni kőzetanyag horizontális és vertikális lehatárolása és minősítése volt a feladat. A légi geofizikai térképek és kétdimenziós szeizmikus, elektromágneses és geoelektromos szelvények nyújtotta átfogó ismeretek segítségével egy megfelelő pontsűrűségű VESZ mérési háló alapján sikerült a feladatot megoldani.

Az 1998-tól alkalmazott, 60 csatornás automatikus mérési rendszerrel kezdték egyre gyakoribbá válni a geoelektromos mérések. Kezdetben az üregkutatással és veszélyes magaspártok vizsgálatával foglalkozó projekteknél alkalmazták, majd a hulladéklerakók vizsgálatánál is szerephez jutott. 2000-ben olajszennyeződések vizsgálatával foglalkozó nemzetközi EC projekt keretében került alkalmazásra.

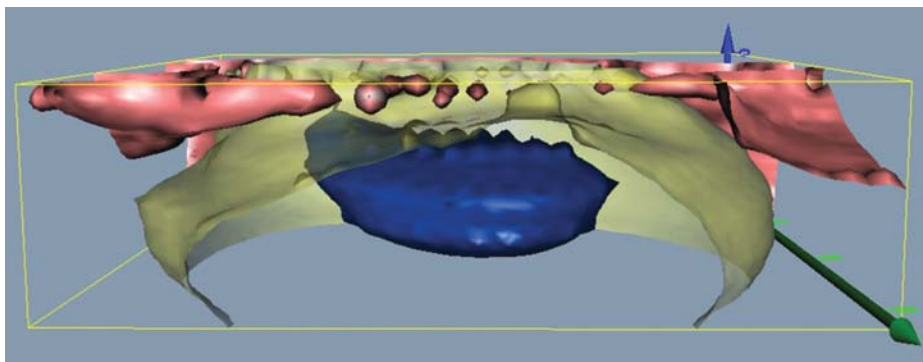
Az automatikus mérőrendszer rutinszerű használatával a geoelektromos módszer a földradarmérések hasznos kiegészítőjévé vált a régészeti célú kutatásoknál is.



6-21. ábra. Földtani szelvény VESZ és 2D elektromos mérések együttes értelmezése alapján

2000–2004-ig nagyon jelentős vízbázisvédelmi kutatásokat végzett a Főosztály *Tildy Péter* és *Plank Zsuzsanna* vezetésével. E kutatások mindegyikében vezető szerepet játszott a geoelektromos módszer, melyet a földtani körülményekhez alkalmazkodva esetenként kiegészített a földradar- vagy szeizmikus mérések alkalmazása is. A nagyobb kutatási mélység eléréséhez hagyományos VESZ módszert, a felszínközeli térrész nagy felbontású kutatásához 2D-s sokelektrodás szelvényezést alkalmaztak. A két geoelektromos módszer egymást kiegészítő alkalmazásával nagyon látványos eredményeket sikerült elérni.

A geotechnikai feladatok megoldásában ritkán került sor geoelektromos módszerek alkalmazására, ám ilyen esetekben általában egyedi megoldások, nem rutinszerű metódusok kidolgozására volt szükség. 1996-ban egy szivárgó víztároló medence alapozásában lévő hibák kimutatását végezte el kísérleti jelleggel *Holzinger Imre* a természetes potenciál módszerével. Másik érdekes egyedi geoelektromos alkalmazás a nagyfeszültségű távvezetékek betonlábazatának alapozását vizsgálta. A feladat végrehajtásához *Szabados László* és *Hegymegi Csaba* dolgozta ki a technológiát. Ki kellett fejleszteniük olyan csatla-



6-22. ábra. Felszín alatti szennyeződés (kék színnel) lehatárolása 3D fajlagos-ellenállás-szelvényezéssel

kozókat, melyeken keresztül megoldható volt a mérőáram bejuttatása a betonba, és a feszültségkülönbség észlelése. Az „elektrodatappancsok” csatolását egy szokványos zseléanyag alkalmazásával oldották meg.

A 2003-as évtől napjainkig a geoelektromos kutatások fő irányát a felszín alatti szennyeződések kimutatásához és lehatárolásához kapcsolódó feladatok megoldása jelenti. A *Neducza Boriszláv* irányítása alatt folyó munka a teljes háromdimenziós fajlagosellenállás- és felszíni 3D-s gerjesztett polarizációs mérések együttes és külön-külön alkalmazásának módszertanát foglalja magában. A feldolgozó szoftver és a módszertan kidolgozása ionos és szénhidrogén tartalmú szennyezőanyagok kutatása esetén nemzetközileg is elismert eredményeket hozott.

## Irodalom

- Barker R. D. (1992): A simple algorithm for electrical imaging of the subsurface. *First Break* 10, 53–62
- Loke M. H., Barker R. D. (1996a): Rapid least squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting* 44, 131–152
- Loke M. H., Barker R. D. (1996b): Practical techniques for 3D resistivity surveys and data inversion. *Geophysical Prospecting* 44, 499–523
- Sørensen K. I., (1996): Pulled array continuous electrical profiling. *First Break* 14, 85–90



## 6.5. A földradarmódszer alkalmazása

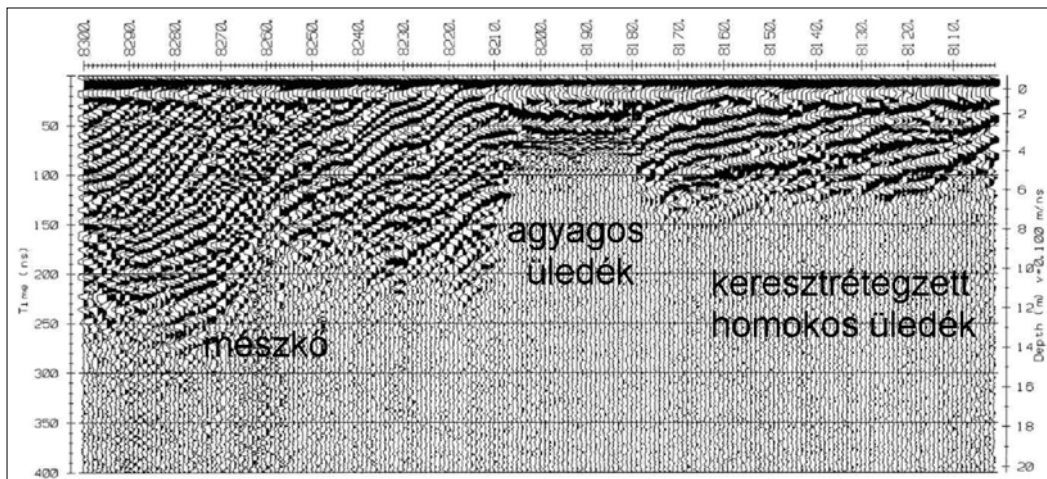
*Pattantyús Ábrahám Miklós*

Amint más geofizikai módszernél is előfordult (pl. VLF), a radarmódszer földtani alkalmazására is a hadiipari fejlesztés adta meg a lehetőséget. A geofizikai radaral végzett kísérletek és a műszerfejlesztés a 70-es évek közepén kezdődött a tengerentúli országokban. Az ELGI a 80-as évektől végzett néhány kísérletet különböző típusú radarműszerekkel, de csak alkalmilag, amikor egyes bemutatók alkalmával hozzáfértünk egy-egy berendezéshez. Ilyen volt a régészeti geofizika összefoglalójában (I. 6.6. szakasz) említett, 1984. évi ságvári római erődfal kimutatása és néhány kísérlet Gorsiumban, de itt nem nagy sikerrel (mivel nem voltak falak). Ezek a berendezések még kezdetlegesek és nehézkesek voltak (amerikai GSSI és a japán OYO gyártmány). Részünkről a nyolcvanas évek végétől kezdődött a módszer és a piacon elérhető berendezések intenzív tanulmányozása, valamint a magyarországi alkalmazási lehetőségek felmérése.

Magyarországon a 90-es évektől került előtérbe a környezetvédelem, és egyre inkább háttérbe a nyersanyagkutatás, ezért volt szükség a sekély-geofizikai módszerek szélesebb választékára. A radar kifejezetten kis mélységű kutatásokra alkalmas: üregek (barlang, pince), felszín alatti objektumok (pl. közművek)



6-23. ábra. Terepi mérés a pulseEKKO-100 típusú kanadai műszerrel. Balról: Gőgh Éva és Prónay Zsolt az antennákat viszi, Pattantyús Ábrahám Miklós mér



6-24. ábra. Földradar-mintaszelvény – példa földtani változások követésére

kutatására, hulladéklerakók behatárolására, építés-előkészítő mérnök-geofizikai kutatásra, valamint régészeti területek térképezésére, objektumok kimutatására. Az ELGI-ben 1992-ben, a rendszerváltás utáni nagy átalakulás előtti utolsó pilla-



6-25. ábra. Radarmérés autópályán

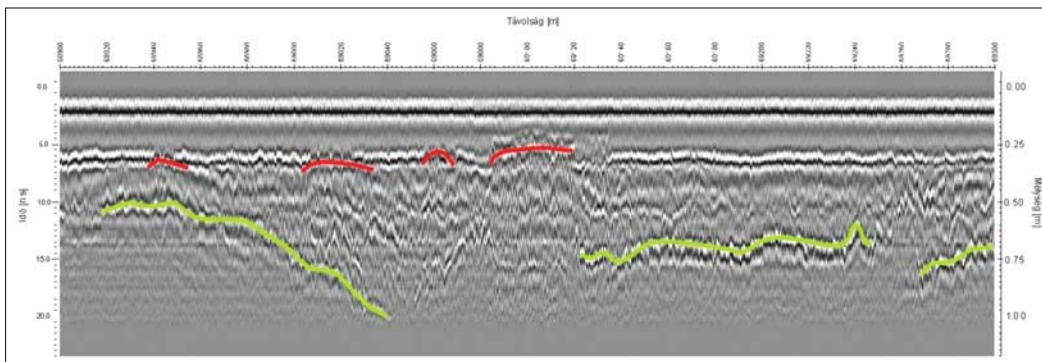
natban, Ráner Géza igazgatósága alatt vásároltuk meg az első földradar-berendezést, akkor még elsősorban földtani kutatások céljára.

A *pulseEKKO-100* típusú berendezés földtani radar, amely viszonylag nagyobb (2–20 m) mélységű kutatásokra alkalmas, amit az alacsonyabb (25–200 MHz) frekvenciák használata biztosít. Az antennák nem árnyékolnak, ezért minden, a mérések környezetében (kb. 20–30 m-es körzetben) lévő fémtárgy zavaró hatást (reflexiót és interferenciát) okoz a felvételeken, vagyis beépített környezetben nehezen értelmezhető eredményeket ad. Ha azonban a környezet alkalmas, akkor ez a módszer jó felbontású, gyors és hatékony.

A műszervásárlással egyidőben elkezdődött a feldolgozó szoftver fejlesztése, amely először a szeizmikus feldolgozórendszerek rutinjainak átvételén és átdolgozásán alapult, de a későbbiekben teljesen önálló, az igényeknek megfelelően folyamatosan fejlesztett feldolgozóprogrammá alakult *Neducza Boriszláv* kitaró munkájának eredményeként.

A 6-23. ábrán példát mutatunk be egy terepi radarmérésre, valamint a 6-24. ábrán a földtani viszonyok leképezésére és az üregek kimutatásának lehetőségére radarral. Később a még egyszerűbb, gyors szelvényezések céljából vásároltuk 1999-ben a *Noggin-250* típusú berendezést (250 MHz frekvencia), amelynek kutatási mélységtartománya kb. egy és három méter közötti. Közművek, útalapok, sekélyebb mélységű objektumok kutatására alkalmas, nem szakemberek is sikerrel használhatják.

A 90-es évek vége felé az igények egyre inkább eltolódtak az egészen felszínközeli vizsgálatok felé, sőt a szerkezetkutatás és műtárgyvizsgálat is előtér-



6-26. ábra. Az autópályán végzett radarmérés eredményszelvényének részlete. Inhomogenitások a betonlapok alatt és az alapozásban



be került. Az útvizsgálatokhoz vásároltuk 1999-ben a nagyobb (225–1200 MHz) frekvenciájú, *pulseEKKO-1000* típusú berendezést, amelyet kis mélységű és szerkezeti kutatásokra fejlesztették ki. A 6-25. és 6-26. ábra az útszerkezet mérésére és leképezésére mutat be példát.

A műszer térben végzett mérésekre is alkalmas (pl. víztároló aljzatának vizsgálata). Meg kell mondani, hogy ezek a munkák már nem kimondottan tipikus geofizikai kutatások.

1999-ben a vasúti töltések vizsgálatának kísérleti és üzemi méréseit is elkezdtük, először sikertelenül az alacsonyabb frekvenciákkal (árnyékolatlan antennákkal a sínek között!), majd a nagyobb frekvenciájú árnyékolt antennákkal, feladva ezzel a nagyobb kutatási mélységet, viszont megfelelő felbontást elérve a zúzottkő és az ágyazat esetében. A mérést több évig gyalogmenetben végeztük, de a cél mindig a nagyobb mérési sebesség elérése volt (a forgalom akadályozásának elkerülése miatt), ami a vasúti munkagéppel végzett kísérletek szerint ezzel a berendezéssel kisebb horizontális felbontást eredményezett. A nagyobb sebességű mérés lehetőségét egy kifejezetten erre a célra fejlesztett berendezés tudná csak biztosítani.

## Irodalom

- Gőgh É., Pattantyús-Á. M., Prónay Zs. (1994): Application of ground penetrating radar for site characterization (geophysical characterization of sites). Volume prepared by ISSMFE Technical Committee #10, Richard D. Woods (ed.), pp. 69–79
- Gőgh É., Pattantyús-Á. M., Neduczka B., Törös E., Hermann L. (1994): Prospecting for old mine workings by GPR and seismics (in Hungarian). *Magyar Geofizika* 35/1, 19–23.
- Pattantyús-Á. M., Neduczka B., Prónay Zs., Törös E. (1994): One and a half year experiences of ground penetrating radar applications in ELGI (Hungary) (in Hungarian). *Magyar Geofizika* 35/1, 32–41
- Elek B., Neduczka B., Pattantyús-Á. M., Tildy P. (2000): Highway inspection using radar. In: *Proceedings of 6th Meeting of the EEGS European Section, Bochum, P-EG 04*

## 6.6. Geofizika a régészet szolgálatában

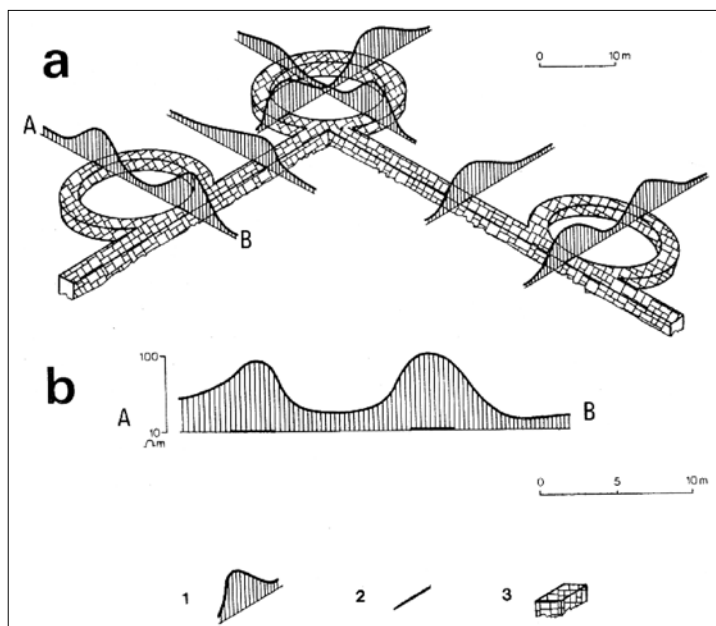
*Pattantyús Ábrahám Miklós*

A régészeti célú geofizikai méréseknél elsőként egy hobbimérést kell említeni, amely Fenékpusztán történt, ahol mágneses módszerrel egy római villa bizonyos

elemeit (falak, fűtésrendszer stb.) sikerült kimutatni és azonosítani *Kakas Kristóf*-nak és *Bodoky Tamás*-nak egy hétvégi családi kirándulás során. A villát a keszthelyi múzeum régészei részben fel is tárták.

Az *Évi Jelentések* szerint hivatalosan 1979-ben történt először régészeti célú geofizikai mérés az ELGI részéről Sümeg-Mogyorósdombon (*Simon András*). A feladat őskori (kova) bányászati gödrök kimutatása, a módszer két mélységre vonatkozó ellenállás-szelvényezés volt.

Az 1982. *Évi Jelentés* az Alsóheténypusztán lévő római erőd falainak, tornyainak kimutatásáról számol be, amely kutatás ellenállásmérésekkel történt, az új Diapir 10R műszerrel. Közben persze egyéb helyeken is voltak régészeti mérések, több vagy inkább kevesebb sikerrel, mint pl. Hidvégpusztán lakógödrök keresése, Hosszúvontatón kovabánya keresése szintén geoelektromos mérésekkel.



6-27. ábra. Az alsóhetényi késő római erőd romjai felett mért ellenállás-szelvényezés alapján szerkesztett eredménytérkép. a) az erődfalak rekonstrukciója az ellenállás maximumokból, b) ellenállásszelvény a falmaradványok felett, 1) ellenállásszelvény, 2) falszakasz helye a szelvényen, 3) feltételezett falmaradvány

Az 1984. Évi Jelentés már négy régészeti kutatásról, és több más kísérletről számol be, amelyek között Ságváron római erőd kutatása radar méréssel, Visegrádon lakógödrök, kemencék kimutatása mágneses módszerrel, a Denevér utcában őskori bányászati lelőhely körbehatólása ellenállásméréssel, és szintén ellenállásmérés Balácán falak, épületek kimutatása céljából szerepelnek.

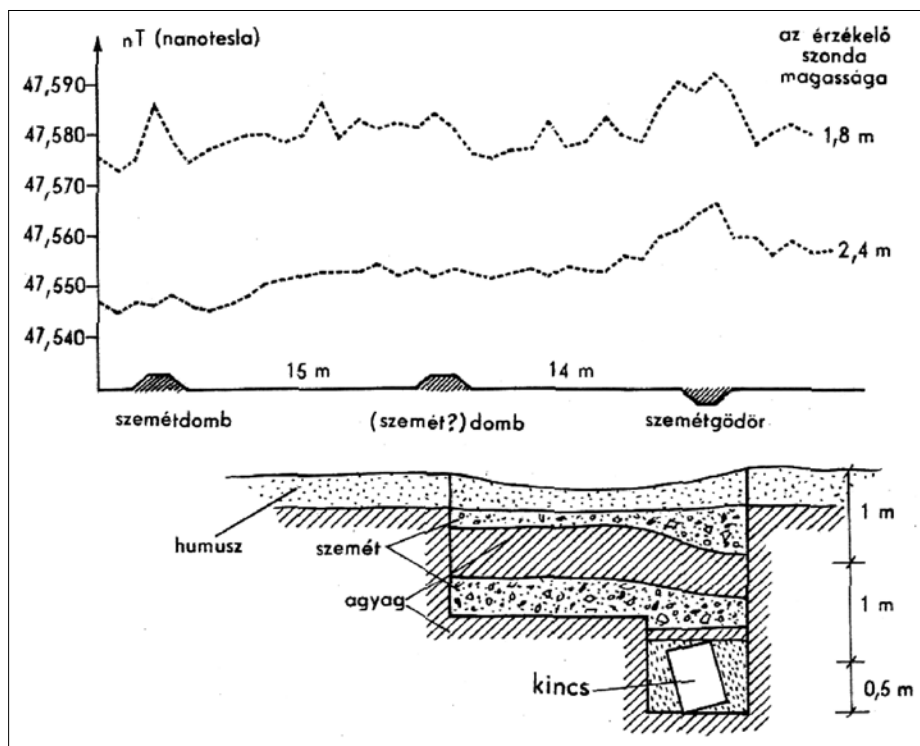
Az 1985. évi 47. EAEG Konferencián, Budapesten Kakas Kristóf tartott előadást régészeti témában az eddig elért eredményeinkről. Ennek folyományaként a következő évben a *Geophysics* c. szakmai folyóiratban cikk jelent meg az előadásban elhangzottakról (Pattantyús 1986). Innentől kezdve a régészeti geofizika vagy nyolc évre előtérbe került az ELGI-ben, mind a terepi mérések és szakvélemények, mind pedig nemzetközi és hazai konferenciákon való előadások, valamint magyar és angol nyelvű publikációk formájában. Ez volt a fénykor.

A sok sikeresnek tűnő mérési eredményen felbuzdulva 1985 őszén egész napos tudományos ülést rendeztünk a Magyar Tudományos Akadémia felolvasó termében „Geofizikai módszerek a régészetben” címmel. Erre az ülésre meghívtuk az érintett régészeket is, hogy hozzászólásaikkal minősítsék eddigi eredményeinket.

Az előadók között a geofizikai részről Kakas Kristóf, Simon András, Csató Beáta, Pattantyús-Á. Miklós, Sörös László (ELGI), Márton Péter (ELTE), Verő József (MTA-GGKI), Csókás János és Gyulai Ákos (NME) szerepeltek, a díszvendég Meskó Attila volt. A régészeti szakma területéről Mócsy András, Bácskay Erzsébet, Gáboriné Csánk Vera, Tóth Endre, Palágyi Sylvia, Fitz Jenő, Kovalovszky Júlia, Szőke Mátyás, Soproni Sándor, Lovag Zsuzsa, Selmeczi László, Horváth Ferenc, Cömöri János, Bálint Csanád, Költő László, Patay Pál, Gádor Judit régészek nevét említhetjük. Ez az előadóülés az akkor Magyarországon a régészek körében a geofizikai lehetőségek még kevésbé ismert szerepére próbálta felhívni a figyelmet.

Az ELGI 1986. Évi Jelentése a Túrkevén, Jászdózsán és Linzben (Ausztria) történt kutatások eredményeiről számol be. Ezeken a helyeken sorrendben ellenállásmélység-szelvényezést, EM-31 vezetőképesség-mérést és mágneses módszert alkalmaztunk, bár az utolsónak említett helyen (a tűzoltókincsek keresése és megtalálása során), be kell vallani, a feltárási, vagyis gödörásási tevékenység felülmúlta a geofizika szerepét.

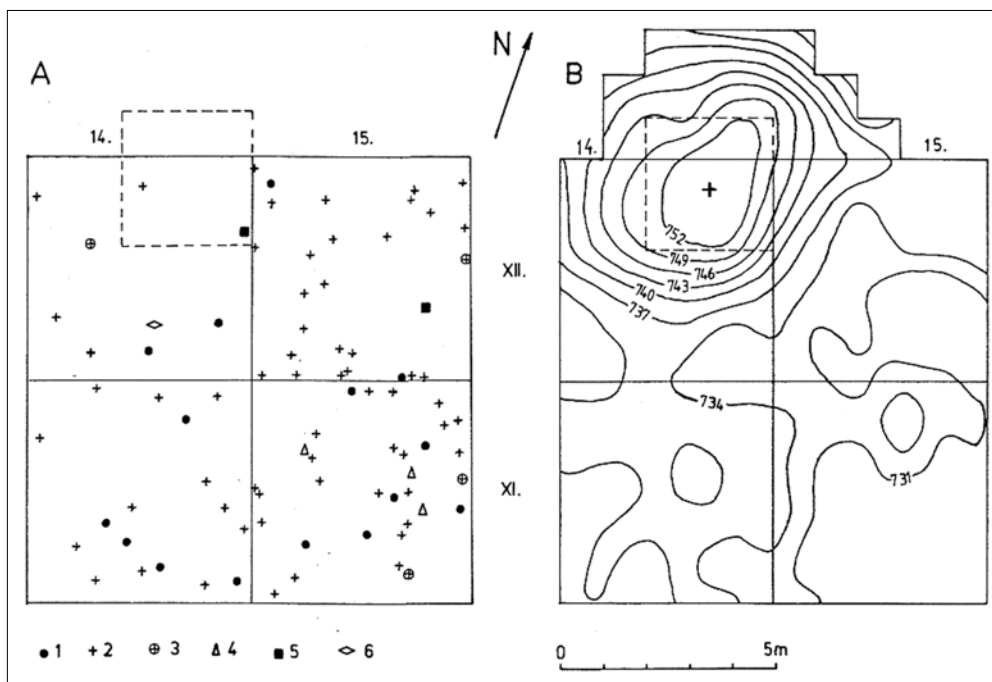
Ebben az évben folytatódott a balácai villagazdaság geofizikai kutatása ellenállás-szelvényezéssel és EM vezetőképesség-mérési kísérletekkel, majd hosszú időre abbamaradt (13 év múlva kerül ismét előtérbe). E mérés eredményeképp több, eddig ismeretlen épület nyomaira, létére hívtuk fel a figyelmet.



6-28. ábra. Ábra az *Élet és Tudomány* 1987/4. számából, amelyben írás olvasható a nyíregyházi tűzoltókincsek megtalálásáról Linz közelében. A felső görbe a felszínhez közelebbi (1,8 m), míg az alsó görbe a távolabbi (2,4 m) magnetométeres érzékelés eredménye. A szemétdombok felszínközeli fémtárgyait a közelebbi mérés még határozottan kimutatta, a távolabbat már nem. A szemetesgödörben mindkét mérés fémet jelzett.

A kutatásról *Sőrés László*, az 1989-ben megjelent *Balácai Közleményekben* számolt be (Sőrés, 1989).

1986-tól kezdve a kutatási eredményeinket ismertető előadásokkal rendszeresen részt vettünk a kétfévente megrendezett nemzetközi archaeometriai konferencián, első alkalommal Athénben, két év múlva Torontóban, újabb két év múlva Heidelbergben. Ezután valamelyest csökkent az előadásra alkalmas anyag, így a részvétel is elmaradt, majd 1998-ban végül hazánk rendezte meg a 31st International Symposium on Archaeometry konferenciát, melynek szervezésében és lebonyolításában az ELGI képviselői is szerepet vállaltak.

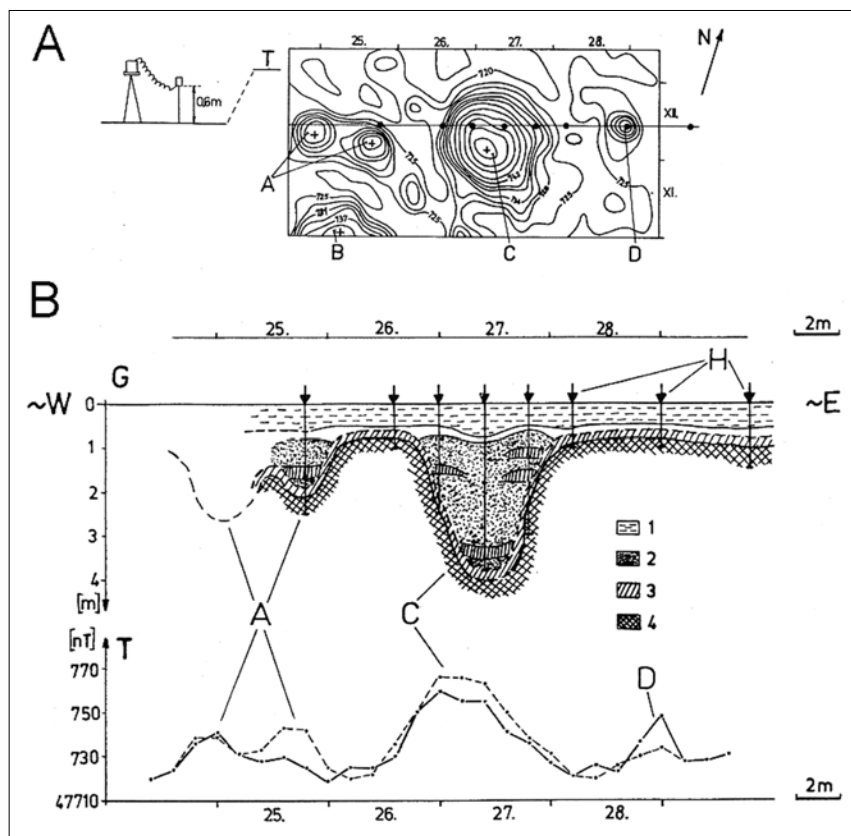


6-29. ábra. (A) Leletszóródás- és (B) mágneses anomália-térkép ugyanarról a 10×10 m-es területről, melyből látszik, hogy az erős mágneses anomáliát okozó (később feltárt) kemence meglétét a felszíni leletek sűrűsége adott esetben nem jelzi

A rendszerváltás előtti és alatti években zajlott egy *Mikrorégió*nak nevezett komplex régészeti kutatási projekt a Régészeti Intézet szervezésében (*Jerem Erzsébet* vezetésével) Gyomaendrőd környékén, amelynek keretében geofizikai mérésekkel több témában is részt vettünk, összekapcsolva és együttesen elemelve a geofizikai adatokat a légi fényképekkel, a felszíni leletek szóródásával és a mérés után azonnal történő fúrási, vagy ásatási eredményekkel.

Ez komoly és valóban integrált és komplex kutatás volt, amely utóhatásaként számos előadás és publikáció született. Ebben a témában főleg mágneses méréseket végeztünk nagy mennyiségben, amelynek anomáliáit legtöbbször fúrásos vagy feltárásos ellenőrzés követett.

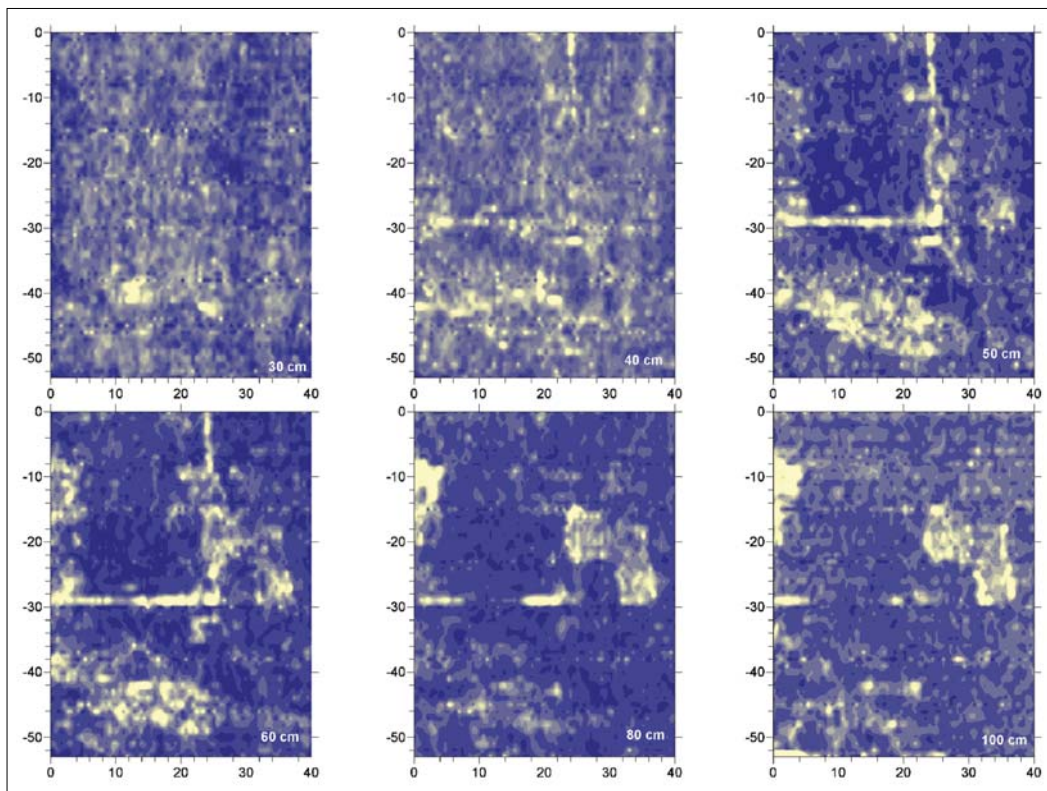
Ugyanebben az időszakban több éven keresztül végeztünk ellenállás-szelvényezést Dunakömlődön a római erőd területén, falak, épületmaradványok



6-30. ábra. A: mágneses anomália-térkép és a fúrásokból szerkesztett talajmetszet. A, B, C, D mágneses anomáliák, B: 1 – feltalaj, 2 – égett porózus réteg, 3 – kevert átmeneti réteg, 4 – sárga altalaj

után kutatva. A mérések a terület későbbi korokban történt többszöri bolygatása miatt kevés eredménnyel zárultak. Az ásató régész (és a mérések pártolója) itt *Visy Zsolt* volt. Jelentősebb kutatási feladatunk volt még Babarcon, ahol ellenál-lás-szelvényezéssel szintén római kori maradványokat próbáltunk feltérképezni.

A rendszerváltás utáni bizonytalan időszakban – néhány kisebb akció kivételével – pár évre megszakadtak a régészeti témájú kutatások, hiszen a bevételt hozó feladatokra kellett elsősorban koncentrálnunk, és köztudott, hogy a régészeti kutatás általában nem tartozik a túlfinanszírozott témák közé (eddig méré-



6-31. ábra. Sűrű radarszelvényezés adataiból szerkesztett, különböző mélységtartományra vonatkozó anomáliatérképek egy régészeti terület objektumairól (körítőfal, épület)

seink is többnyire önköltségesek voltak, vagy ún. állami feladatoknak tudtuk be őket, vagy hobbiból mértünk).

Számunkra a (kisebb mértékű) fellendülést az 1999-es év hozta meg a radarmódszer lehetőségeinek reklámozása által, elsőként a balácai római kori világlagzdaság területén történő, azóta már rendszeressé vált kutatással. Az igény a mérésekre az itteni ásatásvezető régész, *Palágyi Sylvia* részéről merült fel. Az első évben ellenállás-szelvényezést és radarmérést végeztünk jó eredményekkel, olyannyira hogy mérési szelvényünk megjelent a radar műszergyártó cég saját lapjában is mintapéldaként. A mérést történetesen a korábban, 1986-ban

mért geofizikai mérési adatok alapján kijelölt, eddig ismeretlen, azóta feltárásra került épületmaradvány környezetében végeztük. A későbbi években folytatódott a szisztematikus területi felmérés ezen a területen kb. 50×50 m-es területrészenként folyamatosan haladva. A mérést már sűrű (1 m-es hálózat) radarszelvényezéssel végeztük, amely adatokból különböző mélységtartományokra vonatkoztatható, területi anomáliatérképek szerkeszthetők. Ezeken nagyszerűen kirajzolódnak a nem mindig azonos mélységű falak, objektumok.

Hasonló projekt volt a pilisszentkereshti ciszterci kolostor kutatása (vezető régész *Benkő Elek*), amelyben szintén radarmódszerrel vettünk részt a belső épületek és falak tisztázása érdekében. (Ebben a munkában az MTA-GGKI munkatársai, illetve a Nyugat-Magyarországi Egyetem diákjai ellenállás-szelvényezéssel segítik a régész munkáját.)

## 6.7. Radiológiai vizsgálatok

*Baráth István*

1965-től a Radiológiai Laboratórium komoly fejlődésen ment át. Az Intézet új igazgatója (*Müller Pál*) szívügyének tekintette a laboratórium fejlesztését, hiszen saját maga is ezzel a tudományterülettel állt kapcsolatban a korábbi években. A labor vezetője, *Tatár János* is ambiciózus szakember volt, akit erdőmérnöki diplomája ellenére már kezdettől fogva érdekelték a radioaktív mérések.

A Radiológiai Laboratórium a Mélyfúrási Geofizikai Főosztály (főosztályvezető: *Sebestyén Károly*) Módszertani Osztályának (osztályvezető: *Baráth István*) egységeként működött 1970-től.

A kőzetek természetes gamma-sugárzását vizsgálták, valamint az akkor újdonságnak számító aktivációs analízis foglalkoztatta őket, amely *Tatár* laborvezető kandidátusi disszertációjának is témája volt. Ez a két szakmai terület a radiológiai laboratórium egész munkásságán végighúzódott.

A kőzetek természetes aktivitásának mérése kezdetben a kőszenek vizsgálatára koncentrálódott (Tatabányai Szénbányák), ahol nagyszámú laborvizsgálat állt rendelkezésre. Később az aktivációs analízis szinte kizárólagos területe az egyre izmosodó bauxitkutatáshoz kötődött, ahol szintén komoly, nagyszámú laboratóriumi mérés állt rendelkezésre analízis céljából. A neutronaktivációs



analízishez gyűrű alakú Am-Be forrást használtak. Az aktiválás során a lassú és gyors neutronok külön-külön mérésével lehetővé vált a szilícium és alumínium jó pontosságú meghatározása.

A kísérleti kutatómunkák eredményeképpen automata bauxitelemzőt hoztak létre, amelyet nagy sikerrel alkalmaztak a hazai bauxitiparban. Az elemző az MTA-1527 nevet kapta. A fejlesztés módszertani munkái *Tatár János* nevéhez fűződnek. A teljes műszeres megvalósítás *Siklós Albert* szívós fejlesztőmunkájának eredménye volt. Mivel a Tudományos Akadémia támogatta a programot, az elemző nevéhez odaillesztették az MTA előnevet. Ezt szabadalmi érdekek és célok is motiválták. A bauxitelemző a minta anyagösszetételét az alábbi pontossággal határozta meg:

$\text{Al}_2\text{O}_3: \pm 0,5\%$	$\text{TiO}_2: \pm 0,2\%$
$\text{SiO}_2: \pm 0,25\%$	$\text{Fe}_2\text{O}_3: \pm 0,2\%$
$\text{CaO}: \pm 0,2\%$	$\text{Na}_2\text{O}: \pm 0,2\%$

A minta előkészítése, kapszulába helyezése és csőposta útján történő szállítása komoly feladatot jelentett, *Siklós* azonban sikeresen megoldotta ezt a feladatot is.

A sikeres fejlesztés ipari alkalmazhatóságát jól bizonyítja, hogy több berendezést értékesítettünk külföldre is, az elsőt a franciák részére. Az analízátor franciaországi telepítésekor problémák merültek fel az elektronika helyes működését illetően, de *Siklós* a francia szakembereknek bebizonyította, hogy a hiba oka az ő országos hálózatukban keresendő, ami be is bizonyosodott.

A berendezésre igényt tartott és vásárolt abból a Bakonyi Bauxit Bányák Vállalat is, ahol a vágatok termelésirányítási rendszerének fontos elemévé vált. A moduluszt ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ) – a timföldgyárak igénye szerint – már a termelés folyamatában szabályozták a bauxit elemző segítségével.

Az MTA-1527 analízátor továbbfejlesztésével megszülettek az MTA-1527-2000 és MTA-1527 PC-s változatok, amelynek kutatásában, formálásában *Renner János* szerzett kiemelkedő érdemeket.

A bauxitelemzők a világ sok részébe elkerültek, s öregbítették (és öregbítik ma is) az ELGI hírnevét. Erről külön szólnunk az összeállítás „Műszerexport” fejezetében.

Meg kell említeni, hogy az aktivációs analízis kísérleti-kutatási stádiumában a Laboratórium föld alatti részében neutrongenerátor működött, amelyet



6-32. ábra. A bauxitelemző

a KFKI-től szereztek be, és ez lehetővé tette a különböző kőzetminták alapos vizsgálatát, s így segítette a bauxitelemző fejlesztését, létrehozását.

Az elemzőkészülék a bauxitbányászaton kívül fontos szerepet töltött be a hazai és néhány volt szocialista ország cement- és üvegiparában is. A fő feladat itt is a nyersanyagok elemi összetevőinek vizsgálata és szabályozása a gyártási folyamat különböző fázisaiban. Ismereteink szerint több külföldi országban az említett készülékek még ma is működnek.

A 90-es évek elején jelentős változás ment végbe a laboratórium életében, *Tatár* nyugdíjba vonulása után *Renner János* vette át a labor vezetését. Neki kellett szembenézni azzal, hogy a nyersanyagkutatásban – s a rendszerváltás eredményeképpen – a labor eddigi tevékenysége leértékelődött. Az intézeti leépítés súlyosan érintette a laboratórium munkáját, létét. Bár a bauxit hazai kutatása és termelése minimalizálódott, azonban a nyersanyagkutatás fénykorában eladott eszközök még mindig használatban voltak, és szervizelésüket biztosítani kellett.

Emellett azonban új szerepkört is kellett a labor számára találni. Egyrészt ekkor kezdtek meg *Bodoky Tamás* utasítására az országos radiometriai térképezést, amelyet *Renner* ötlete alapján az országos gravimetriai hálózat pontjaihoz kapcsoltak, szükségtelenné téve így a pontok geodéziai bemérését. Ez a tevékenység azóta nagy pontosságú, a különböző elemek intenzitásértékeihez kapcsolódó térképeket eredményezett, és a radioaktivitás alakulása az ismételt mé-

rések révén már időben is tanulmányozható az ország egyes részein. Másrészt egyre több olyan közszolgálati feladat adódott, mint például az épülő szentendrei Református Gimnázium földémszerkezetében lévő salak aktivitásának, vagy az Esztergom-Búbánatvölgyi terület aktivitásának ellenőrzése.

Az ipari tevékenység háttérbe szorulásával 1996 után fontos szerepe lett a kőzetminták és vízminták természetes radioaktivitása in situ mérésének és laboratóriumi vizsgálatának.

A laboratóriumi méréseket CANBERRA gyártmányú folyékony-nitrogén-hűtésű, nagy tisztaságú félvezető germániumdetektorral végzik a laboratóriumban. A műszer terepen is használható (6-33. ábra).

A terepi mérésnél CANBERRA gyártmányú Easy Spec 3"×3" méretű szcintillációs detektort alkalmaznak.

A munkálatok vezetője és irányítója Renner János korai halála után Nagy Attila lett.



6-33. ábra. CANBERRA szcintillációs detektor

A Radiológiai Laboratórium szakmai történetét 1965-től 2012-ig áttekintve azonban nem feledkezhetünk meg azokról sem, akik a maguk idejében sokat tettek az eredményes kutatások előbbre vitelében: Béress Béláné, Réczey Istvánné, Sinorós Szabó Lórántné, Császi Andrásné, Laki Andor, Bennő Kálmán. Csak velük együtt tudtak a fentiekben említett vezető kutatók összességében – a labor egész történetét tekintve – eredményesen, szép munkát végezni.



# 7. fejezet

## **Geofizikai adatbázisok**

*Jánváriné Kántor Ilona, Kovács Attila Csaba  
Lendvay Pál, Sörös László, Szabó Zoltán*

## 7.1. Gravitációs és földmágneses adatbázisok

*Szabó Zoltán*

Az adatbankok előzményéhez tartozik a gravitációs adatok 1963-ban bekövetkezett „Szigorúan titkos (TÜK, Titkos Ügykezelés)” minősítése, ami természetszerűen nagyban megnehezítette és bürokratizálta az adatok kezelését. Kétségtelen előnye volt azonban, hogy nagymértékben hozzájárult az adatok fennmaradásához. Ugyanakkor a titkosításnak voltak – némi szarkazmussal megítélve – humoros vonatkozásai is. Többek között szigorúan titkos minősítést kaptak azok a gravitációs alaphálózatra vonatkozó adatok is, amelyeket 1956-ban és 1959-ben a *Geofizikai Közleményekben* publikáltak. Az egyes térképek és jelentések szerzői munkájuk befejeztével maguk is csak külön engedéllyel tekinthettek be saját jelentésükbe. És akkor még nem említettük a publikálási problémákat. Mivel a gravitációs térképek a geofizikai kutatás alapját képezik, valamennyi geofizikai módszer felhasználja azokat, így a gravitációs adatok titkosítása valamennyi módszer munkáját nehezítette. A publikálás érdekében a legkülönbözőbb furfangokkal (anomáliaértékek elhagyásával vagy eltolásával, koordináták megváltoztatásával, nem szabványos izovonalközök alkalmazásával stb.) próbálták az adatokat „tükteleníteni”. Ennek következtében a publikált térképeket nem lehetett egymáshoz illeszteni, egyszóval sikerült meglehetősen nagy káoszt teremteni. A TÜK-ben viszont minden alapadat szépen megőrződött.

1968-ban az ELGI-ben *Pintér Anna* és *Pollhammer Manóné* a nemzetközi tapasztalatok és javaslatok figyelembevételével kidolgozták a graviméteres mérési adatok lyukkártyás tárolásának rendszerét, és megkezdték az adatok számítógépre vitelét. A gravitációs adatok digitális tárolásának megtervezésénél két szempont vezérelte az érdekelteket:

- egyrészt – és ez valószínűleg a hagyományos mérési jegyzőkönyvek megszokottságából eredt –, hogy az adatok kézzelfogható módon is rendelkezésre álljanak. E célt szolgálta a lyukkártya választása, hiszen a lyukkártyák mintegy dokumentumként könnyen megőrizhetők, míg a pusztán elektronikus úton tárolt adatok esetében könnyebben előfordulhat azok megsemmisülése
- másrészt, hogy lehetőleg azoknak az alapadatoknak a tárolása történjék meg, melyek lehetővé teszik a legváltozatosabb feldolgozási eljárások alkalmazását, mint pl. a különböző gravitációs rendszerekbe való konvertálás, különböző sűrűséggel korrigált Bouguer-anomáliatérképek előállítás, szűrések stb.

Ezért úgy határoztak, hogy az állomások sorszámát, a mérés évét, az alkalmazott műszer számát, a helykoordinátákat, beleértve a tengerszint feletti magasságot, a gravitáció mért értékét, a topografikus korrekció  $\sigma = 1,0$  sűrűségre vonatkozó értékét rögzítik.

A nagy mennyiségű adat lyukasztása során számtalan hibalehetőség merült fel, a hibák kiszűrésére *Trenka Sándorné* dolgozott ki ötletes megoldást. Mire 1979-ben befejeződött az ország átnézetes gravitációs felmérése (átlagosan  $1,2$  pont/km<sup>2</sup> állomássűrűséggel), valamennyi addigi mérés (120 000 állomás) bekerült az adatbankba. A lyukkártyás adattárolással párhuzamosan megkezdődött a térképrajzoló programok kifejlesztése. Első lépésként *Zilahi-Sebess László* kidolgozta a szabálytalanul elhelyezkedő állomások adatainak négyzethálóra történő interpolációjára szolgáló programot. A program azonban az akkor rendelkezésre álló MINSZK-2 számítógépen nem volt megvalósítható (*Zilahi-Sebess* 1969).

A fejlettebb számítógépek megjelenése azonban lehetővé tette egy térképrajzoló programrendszer elkészítését. E célból adaptáltunk, ill. továbbfejlesztettünk a már meglevő programokat, és olyan programcsomagot állítottunk össze, amely szórt eloszlású mérési alapadatokból izovonalas térképet állít elő. A térképrajzoló programmal szemben azt a követelményt támasztottuk, hogy az általa rajzolt térkép megegyezzen a kézzel szerkesztett térképpel. A program a rendszertelen eloszlású mérési pontok adatait egyváltozós spline interpoláció két változóra általánosított módszerével négyzetháló sarokpontjaira interpolálja az izovonalrajzoló program számára. Az algoritmus hatásosan csillapítja a túllövéseket és oszcillációkat. A programrendszert *Sárhidai Attila* készítette. Ezzel a programmal a digitálisan tárolt gravitációs és földmágneses adatokból 1984-ben – R-35 számítógépen és Versatec plotteren – egy újabb,  $1:100\,000$  méretarányú, de már EOVS koordináta-rendszerű térképsorozat készült. *Szabó Z.* és *Sárhidai A.* a Bouguer-anomáliák számításához  $\sigma = 2,4$  g/cm<sup>3</sup> átlagsűrűséget használtak. Elkészítették mindkét térképsorozat szűrt változatát is, valamint a gravitációs térképek  $1:500\,000$  méretarányú változatát. A szűrt gravitációs térkép a *Geofizikai Közlemények* mellékleteként meg is jelent (*Szabó* 1989).

Az új számítógépes lehetőségek összehasonlíthatatlanul könnyebbé tették újabb, tetszés szerinti térképvariációk elkészítését. A PC elterjedésével nyílt adatkezelő programok is elérhetővé váltak, ilyen volt pl. a Surfer, amely az adatkezelési és interpolálási problémák egy részét megoldotta. A USGS nyílt forráskódú „Potential-Field Software” vagy röviden „pf” programjának megjelenése a

térképi transzformációk, szelvénymenti feldolgozások szempontjából jelentett nagy előrelépést. Intézetünk élen járt e programok hazai adaptálásában és alkalmazásában. Ebben a tevékenységben fontos szerepet játszott *Sárhidai Attila* és *Kövesi Gábor* a programozási, valamint *Kiss János* és *Prácsér Ernő* az adaptálás, a programozás és felhasználás területén.

A nagygépes adattárolásról az IBM-PC alapú adatbázisra 1993-ban tértünk át (Kovácsvölgyi 1993). A GWBASIC program 272 024 db mérési pont adatát kezelte, amelyek 25 000-es EOVS térképlapok szerinti kiosztásban voltak tárolva az adatkeresési és adatbázis műveletek gyorsítása céljából, ugyanis az akkori gépek még nem bírtak egyszerre több százezer adatot kezelni. Az adatbázis egységességét az 1984-ben elfogadott „Gravitációs állomások adatainak lyukkártyás tárolási rendszere” előírásai, valamint azok az 1991-ben már rendelkezésre álló programok biztosították, amelyek lehetővé tették a nagygépes lyukkártyás adatrendszer és az IBM-PC közötti adatforgalmat. Az adatbázis kialakítása során további egyszerűsítések is történtek, úm. az EOVS rendszer és az adriai magasság kizárólagos alkalmazása. A munkában *Illés György*, *Pém József*, *Zalai Péter* és *Kovácsvölgyi Sándor* vett részt.

Az országos gravitációs adatbázis adatai 2006-ban a számítástechnikai eszközök fejlődésének köszönhetően már 100 000-es EOVS térképlapok szerint voltak tárolva, a gyors adatkeresés-leválogatás biztosítása céljából és egy új, Windows környezetben futó Borland C++ nyelven írt adatbázis-kezelőt is kifejlesztettek (GRAVI2006.EXE). A duplikált adatok jelentős részét kiszűrték az adatbázisból, így az adatok száma 382 152 lett. Az átalakítást *Kiss János* és *Tóth Zoltán* végezte. Az adatbázis 1993-tól évről évre bővült, amelyből meg kell említeni az OKGT (MOL) számára a GKV (GES) által végzett, legnagyobb mennyiségi bővülést jelentő olajkutatási gravitációs mérési adatokat. Az adatok száma az alaphálózati pontokkal együtt most 388 093 db. Az adatbázis fejlődése 2005-től az éves szinten archivált ELGI adatbázismentések alapján nyomon követhető.

A mágneses adatbázis még ma sem teljes, a részterületek mérései (pl. a MOL delta  $\Delta T$  adatai) nem lettek azonos 0 szintre (normál tér) hozva, ami relatív mérések esetében elkerülhetetlen feldolgozási lépés. Ezt most, utólag kell elvégezni. A részletező  $\Delta Z$  mérések beépültek az adatbázisba, a  $\Delta T$  mérések beépítése 2013-ban kezdődött el. (Lásd [www.mfgi.hu](http://www.mfgi.hu) alatt az „adatbázisok” majd „KINGA”, alatta pedig a „digitális térképtár”.) A Földmágneses Adatbázis 107 000 földi és több mint 1 000 000, 200 × 200 m-es négyzethálóra interpolált légi mágneses adatot tartalmaz.



Napjaink nagy kapacitású és nagy háttértárral rendelkező számítógépei olyan gyorsak, hogy a 2006-os adatbázis-struktúrára tulajdonképpen már nincs is szükség. Az adatbázis adatai egy Excel-táblában is elhelyezhetők, és az adatokon végzett műveletek még a 388000 feletti adatmennyiség ellenére is gyorsak.

A légi geofizikai adatbázis az 1986. évi légi mérések után alakult ki. Kezdetben a „travel disc”-ről származó légi geofizikai adatok alkották az adatbázist, amelyek előfeldolgozás után kerültek az intézethez. Kiss József és Prácser Ernő Fortran nyelven készítették el a szelvénymenti adatok adatbázis-kezelőjét.

1995-re a Rio Tinto Zinc Corporationnel (RTZ) kötött megállapodásnak köszönhetően a 60-as évek orosz légi mérési adatait is digitalizálták az archív szelvénytérképek alapján, a légi mágneses adatokat teljes egészében, a radiometriai adatokat a térképek rossz kondíciója miatt csak egyes mintaterületeken (pl. K-Mátra). 2000-től a gravitációs, mágneses és légi geofizikai adatbázisokat is a Térképezési Főosztály kezeli és alkalmazza komplex földtani kutatási feladatokban.

## **Irodalom**

Kovácsvölgyi S. (1993): Jelentés a gravimetriai adatbázis létrehozásáról, Kézirat, ELGI Adattár

Szabó Z. (1989): Filtered gravity anomaly map of Hungary. Geophysical Transactions 35/1–2, 135–142

Zilahi-Sebess L. (1969): Geofizikai adatok gépi ábrázolása. Földtani Kutatás 12/3–4, 72–75

## **7.2. VESZ és tranziens adatbázisok**

*Sőrés László*

### **7.2.1. Vertikális elektromos szondázások**

Az ELGI-ben őrzött legkorábbi vertikális elektromos szondázás (VESZ) mérési jegyzőkönyvei az 50-es évekből származnak. A számítógépek megjelenéséig a mérések kiértékelése görbeseregek alapján történt, aminek köszönhetően a mérési dokumentáció legtöbbször nemcsak a mért adatok táblázatait, hanem a görbék grafikus ábrázolását is tartalmazta. Az elmúlt évtizedek során ezekből az anyagokból hatalmas mennyiségű kézirat tömeg halmozódott fel. A terepi jegyzőkönyvek digitalizálása a programozható kalkulátorok és az első VESZ feldolgozóprogramok megjelenésével a 70-es években megindult, de a mérések

egységes adatbázisba szervezése még sokáig váratott magára. Az első szervezett adattár, a VESZ, és mérnök-geofizikai (penetrációs) szondázások kéziratának rendezése *Fejes Imre* nevéhez fűződik. Az MGAT (Mérnök-geofizikai Adattár) nevű rendszerben paradox táblázatkezelő program segítségével mérési terület és mérési idő alapján rendszerezte a látókörébe eső mérési, kiértékelési jegyzőkönyveket és egyéb kéziratokat. Munkája, melyet élete végéig példamutató alapossgal végzett, a későbbi adatbázisok megteremtésének alapjául szolgált.

A 80-as években végzett nagy volumenű, vízföldtani célú kutatások során már komolyan felmerült az igény az adatok egységes számítógépes kezelésére. A PC-k és a hatékony, szabványos táblázatkezelő programok elterjedésével ehhez már egyszerű és jó használható eszközök is rendelkezésre álltak. *Milánkovics András* és *Madarasi András* nevéhez fűződik az első, valóban adatbázisnak nevezhető rendszer elkészítése, amely a kisalföldi VESZ–GP kutatások több ezer szondázását fogta egységes rendszerbe. A Lotus táblázatkezelőre épülő rendszer külön állományokban tárolta a mérések fejlécadatait és magukat a mérési görbéket. Az adatbeviteli munkákban, a koordináták digitalizálásában *Illyés György* játszott meghatározó szerepet. Ezek az adattárak, amelyek úttörő és hasznos kezdeményezések voltak, érintetlenül hagyták azt a Lőcsei utcában tárolt, mintegy 40 m-nyi kéziratos dokumentációhalmazt, amely az ELGI tevékenysége során felhalmozott. Ennek feldolgozását *Strohmayer Jenőné* kezdte meg. Új, egységes koncepcióval 1997-ben a Térképezési Főosztályon az „Országos Geoelektromos és Elektromágneses Adatbázisok” témában indul meg a Országos Geofizikai Adatbázis (OGA) program *Sörös László* vezetésével, felhasználva a korábbi kezdeményezések tapasztalatait és eredményeit.

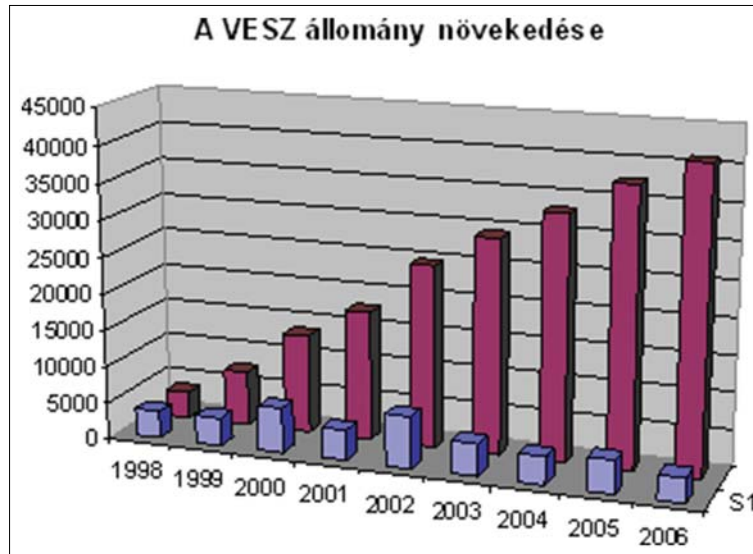
### 7.2.2. Elektromágneses tranziens szondázások

A „térbeállítás” módszerével szovjet–magyar együttműködés keretében a 70-es években történtek az első kísérleti mérések Magyarországon. 1986-ban több összehasonlító tesztmérés után az ELGI megvásárolta a kanadai Geonics cég tranziens elektromágneses mérőrendszerét. *Kakas Kristóf* vezetésével, *Ujszászi József* és *Bodri Gyula*, *Balogh György*, *Sörös László* részvételével elindultak a tranziens mérések, és az önálló programfejlesztés. Ettől fogva a felszínközeli és közepes mélységű kutatásokban az ELGI rendszeresen alkalmazta az EM37 és Protem rendszereket, amelyek modern alternatívát jelentettek a munkaerő-igényes VESZ

mérésekkel szemben. A mérőberendezéssel együtt szállított HP95 típusú számítógépre *Balogh György* készített az akkori lehetőségekhez képest igen sokoldalú Basic nyelvű programrendszert, és megvetette a későbbi tranziens adatbázisok alapjait. A mágnesszalagokon tárolt adatokból digitális térképek, szelvények készültek, amelyek a bakonyi bauxitkutatás iparszerű mérési kampányait az akkori viszonyokat tekintve magas színvonalon szolgálták ki. Igazi különlegesség volt a Sharp kisszámítógépre írt rendszerváltozat, amely a terepen azonnali feldolgozási lehetőséget biztosított. *Balogh György* munkáját később *Sörös László* vette át, aki 1991 és 1994 között PC-s környezethez fejlesztett Pascal nyelvű adatbáziskezelő és -feldolgozó rendszert. A személyi számítógépek elterjedésével a HP95 gyorsan elavulttá vált, ezért a mágnesszalagokon tárolt adatokat PC-s adattárolókra kellett átvinni. Ezek a konvertált „ősi” állományok mind a mai napig fontos szerepet játszanak a tranziens adatbázis építésben.

### **7.2.3. Egységes geoelektromos–elektromágneses adatbázis, az OGA-GAIA rendszer**

VESZ és tranziens mérési adatok tárolásához, megjelenítéséhez, feldolgozásához *Sörös László* 1995 és 1998 között fejlesztette ki a GAIA (Geofizikai Adatok Integrált Adatbázis-kezelő Rendszere) programrendszert. Ez a korábbi tranziens fejlesztések tapasztalatait integráló C nyelvű modulokra épült, melyeket egy tcl-tk grafikus keretrendszer fog össze. Az adatbáziskezelő funkciókon kívül a GAIA a mérési adatok értelmezéséhez, dokumentálásához is segítséget nyújt. A programrendszer integrálja a *Prácser Ernő* által a fejlesztett VESZ és tranziens 1D inverziós programokat is. A GAIA elkészültével megindult a VESZ adatok tömeges gépre vitele, ami *Illyés György* és *Strohmayer Jenőné* munkája volt.. A GAIA fejlesztését, az adatbázis-adminisztrációt és az adatbeviteli munkák koordinálását *Sörös László* végezte. Az OGA látványos és folyamatos növekedése révén az adatbázis állománya 10 év alatt 40000 görbével valóban országos adatbázissá nőtt. Az állomány jelenleg az ELGI által mért adatok kb. 80%-át teszi ki. A még feldolgozásra váró dokumentáció rengeteg apró, kis területre kiterjedő kutatás anyagából áll, amelynek a feldolgozása rendkívül időigényes. A GAIA-OGA rendszer nagymértékben megkönnyíti az adatszolgáltatást, háttérrel ad a folyó geofizikai kutatásokhoz. Egyik legizgalmasabb alkalmazása az országos elektromosellenállás-térképsorozat, amely 40000 VESZ-görbe automatikus 1D inverziója alapján készült.



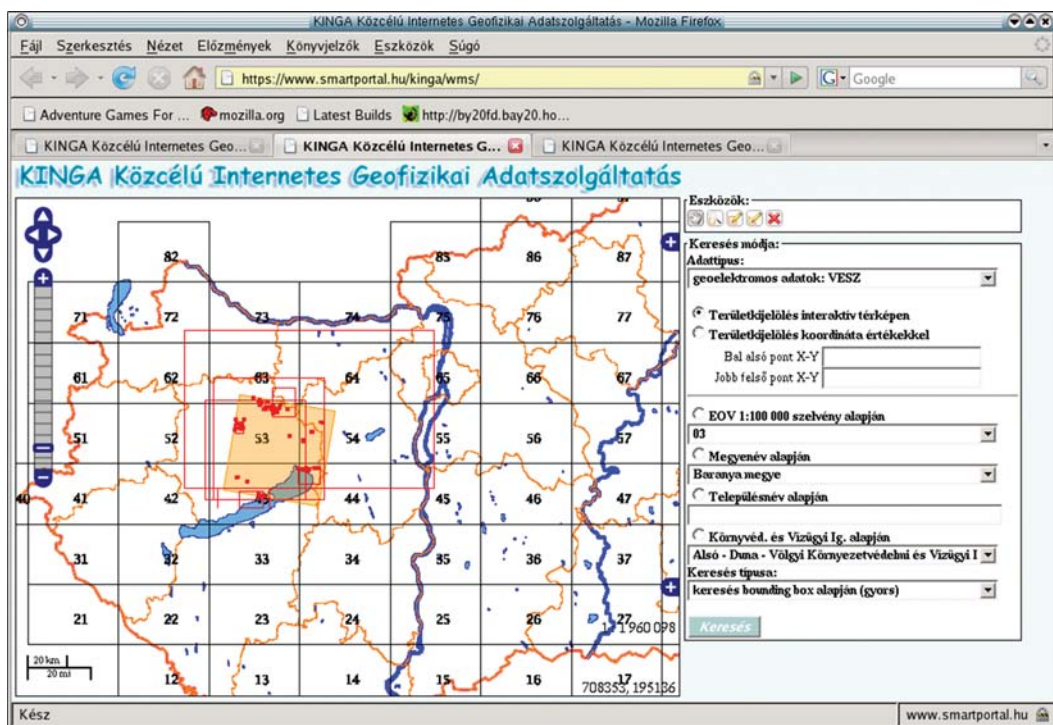
7-1. ábra. Az OGA éves növekedése 4–6000 görbe. 2007-ben az állomány meghaladta a 40 000-es „álmhatárt”

A tranzien adatbázis fejlesztése a folyó geofizikai kutatások igényeinek megfelelően történt. Egy-egy aktuális kutatási területhez kapcsolódó korábbi tranzien adatok konverziója gyarapította az adatbázist, melynek állománya jelenleg 6100 szondázási görbe.

Elektromágneses frekvenciaszondázások, valamint a térképező jellegű VLF és potenciáltérképezés adatai erőforrások hiányában még nem kerültek feldolgozásra, noha a karsztvízkészlet védeleme, a hulladéklehelyezésre vagy a vízföldtani védőidomra vonatkozó kijelöléseknél igen komoly értéket képviselnének.

#### 7.2.4. Szabványos adatbázisok és a nyívanosság: a GEOMIND és KINGA projekt

A VESZ és tranzien mérések egységes kezelésében rejlő előnyök rámutattak a geofizikai adatok szabványosításának fontosságára. A Térképezési Főosztályon (TF) felhalmozódott tapasztalatoknak köszönhetően az ELGI 2006-ban jelentős szerepet kapott egy internetes geofizikai portált létrehozó nemzetközi konzor-



7-2. ábra. VESZ mérési adatok a KINGA portál térképes keresőmoduljában.  
Portálnyitás dátuma: 2008. március 31.

cium munkájában. Az EU által 50%-ban finanszírozott GEOMIND projekt célja olyan információs rendszer kialakítása, amely Európa 7 országának geofizikai adatrendszereit teszi az Internet kihasználásával elérhetővé. A rendszer alapját képező GEOMIND metaadatmodell és az általános geofizikai adatmodell (GGDM) kifejlesztése *Sörös László* vezetésével az ELGI feladata volt. A projektek kiterjednek az Intézet szinte összes jelentős adatrendszerére. A projekt befejezésének időpontja 2008. augusztus 31. volt.

Az ELGI adatbázisainak, térkép- és jelentéstárának internetes bemutatását célozza egy másik projekt, a KINGA (Közcélú Internetes Geofizikai Adatszolgáltatás), amely szintén a Térképezési Főosztály koordinálásával folyik közel 30 kolléga munkájával. A digitális adatbázis adataiból készített dunántúli invertáltellenállás-térképek alapján készülnek a digitális térkép-

tár 1:100 000-es méretarányú térképei (KINGA). Az Országos Geoelektromos Adatbázis VESZ és tranziens adatrendszerei az ELGI által kialakított és működtetett országos geofizikai adatbázisok mellett mindkét projektben fontos szerepet játszanak.

KINGA most is szerves része az Intézet (az ELGI és a MÁFI összevonásából kialakított MFGI) honlapjának (lásd <http://www.mfgi.hu/hu/node/390> címen).

### 7.3. Szeizmikus adatbázisok

*Jánváriné Kántor Ilona*

A szeizmikus adatbázis fejlesztésének projektje 1995-ben indult. Távlati cél olyan adatbázisrendszer megteremtése, amely első lépésként a belső, intézeti (intézményi) felhasználók igényeit, a későbbiekben pedig akármilyen külső felhasználó szeizmikus adatok iránti igényét szakszerűen ki tudja elégíteni.

Az adatbázis fejlesztésével kapcsolatos tevékenység alapvetően adatnyilvántartási (leltár), adatmentési (archiválás), aktualizálási (állománybővítés új adatokkal), adatszolgáltatási (szakmai felhasználás) és az előzőeket szolgáló rendszerfejlesztési (szoftver/hardver) feladatokra osztható.

A korábban felhalmozott adatok befogadását szolgáló adatbázisok fejlesztésénél célszerűen mindaddig fenn kell tartani a háttérben az eredeti adathordozó-rendszert, amíg nem válik teljessé és adatvesztés-mentessé az információkészlet elektronikus leképezése.

Az adatbázisok feltöltésekor az intézeti adatok feltérképezése és rendezése volt az elsődleges feladat. Ezt a hatalmas munkát *Detzky Gergely* irányításával *Ráner Gézáne*, *Banciu Gáborné* és *Markos Tünde* végezte. Elkészült a grafikusan fellelhető (papír, pausz, fólia, film) adatok nyilvántartásba vétele, amelyek tartalma: reflexiós szelvények, refrakcióinterpretáció, izovonalas térképek, mérési helyrajztérképek jelentéspéldányai. Ennek eredménye a „Rajzok” nyilvántartó adatbázisa.

Ezzel egy időben folyt a forrás-adathordozók nyilvántartásának elkészítése. Ennek eredménye az ELGI-ben tárolt terepi mágnesszalagok összesítő táblázata. Megtörtént az analóg és digitális terepi felvételek, illetve a nagygépes feldolgozás során készült archivált szelvények mágnesszalagjainak és az azokhoz tartozó dokumentációnak nyilvántartási adatbázisba való rendezése a könnyebb fellelhetőség érdekében.

Miután több mint 10000 db, különböző formátumú (SEG-21, SEG-B, -C -D, SzCSz-3 stb.), minőségű és állapotú mágnesszalagokról van szó, mielőbb el kellett kezdeni az adatmentést a mai igényeknek megfelelő adathordozókra (CD, DVD, ...), ill. SEG-Y formátumba való konvertálásukat. Ehhez a hatalmas és időigényes munkához új eszközökre és programokra volt szükség.

Ezt a munkát *Detzky Gergely* kezdte el, majd *Jánváriné Kántor Ilona* és *Timár Zoltán* vezetésével folyt és jelenleg is folyik a *György Lajos* vezette Terepi Főosztályon. *Lukácsy József*, *Laszlovszky Erzsébet*, *Gömböcz Lajos* munkája eredményeképpen egyre több, mágnesszalagon lévő adat kerül olyan formátumba, amely a mai modern feldolgozó-rendszerek számára kiinduló adatként szolgál.

Az Intézetünkben folyó litoszférakutatás és értelmezői munka számára egyre nagyobb igény merült fel a már régebben elkészült szeizmikus szelvények és az ezekhez tartozó sebességeik újrafelhasználására. Ezért 2003-ban indult a Litoszféra adatbázisprojekt *Jánváriné Kántor Ilona* vezetésével az ELGI Kutatási Főosztályán.

A litoszférakutató mérések tomografikus feldolgozásánál egyik fontos alapadat a sebességtér. Ahhoz, hogy egy tetszőleges szelvény mentén ezt elő tudjuk állítani, szükség van a szeizmikus szelvények feldolgozásánál használt sebességek CDP helyeinek EOV koordinátáira is. Így az ASCII formátumban való archiválás után térképszerű ábrázolásra is lehetőség van.

A Litoszféra adatbázisban szereplő SEG-Y formátumban elmentett stacking, migrált, és mélységszelvények, az ezekhez tartozó sebességekkel, közvetlen beemetei a ProMAX feldolgozó-rendszernek, így további feldolgozásukra is lehetőség van.

Az archiválás ma is folyamatos, amely CD és DVD adathordozóra történik. Jelenleg 361 db mérési vonal különböző verzióit tartalmazza az adatbázis. Ez kb. 2000 db fájl archiválását jelentette SEG-Y és ASCII formátumban.

Mondhatjuk tehát, hogy az ELGI – a korábbi évek gyakorlatán túl – a nyomvonal adatok szolgáltatásán kívül a tényleges szeizmikus adatok szolgáltatását is el tudja látni (természetesen az évről évre bővülő, új adatbázisba beépített adatokra vonatkozóan).

Az adatok dokumentálása és tárolása a 2003-ban bevezetett minőségirányítási rendszer követelményeinek megfelelően történik.

## 7.4. Mélyfúrás-geofizikai adatbázisok

*Lendvay Pál*

Az ELGI 1953 és 1993 között végzett eleinte „karottázs”, „karotázs”, majd mélyfúrási geofizikai méréseket. A legelsőeknek ma már elsősorban csak történeti jelentősége van, de a későbbiek jelentős része ma is hasznosítható információt hordoz.

Eleinte, amíg kevés volt a szelvényanyag, (valószínűleg) szépen áttekinthető volt az a néhány mappa, amely az eredményeket tartalmazta. Mi is volt ez az eredmény? A terepen analóg formában rögzítették a méréseket. Ez a gyakorlat szerint többnyire fotoregisztrálóval filmre történt, ritkán használtak direktírt. Utóbbi esetben természetesen nem volt szükség a film előhívására. A mérés húzásonként egy, maximum négy görbét eredményezett, melyek a fúrásban valamely paraméter mélység szerinti változását mutatták. Az észlelő a fúrás nevét, a mérés körülményeire és a műszerekre vonatkozó egyéb adatokat mérési jegyzőkönyvben rögzítette. A filmet a fúrás azonnal előhívták, szárították, s ha probléma volt megismételték a mérést. Az előhívott filmre az észlelő a helyszínen kézzel (filctollal) írta rá a fúrás nevét, a mérés típusát, esetenként a kalibrációs adatokat is. A terepi filmekről átvilágítóasztalon kézzel rajzolták át milliméterpauszra az egy fúrásban felvett görbéket, a filmen lévő jelek, illetve feljegyzések alapján egyeztetve a mélységet, és rajzolták a görbék mellé a skálát. A fúrás rétegsorát is felrajzolták, valamint a kiértékelő geofizikus szöveges megjegyzése is rákerült a fejlécre. Így egy-egy fúrásról a mérések számától és a mélységléptéktől függően 0,5–1,5 m széles és néhány méter hosszúságú rajz készült. A pauszról fénymásolatokat készítettek, ez került a szekrénybe. Szépen gyűlt az anyag, aztán igencsak felgyorsult a tempó: megjelent a 7/1966./V.É.8./ OVH-KFH utasítás, illetve az ennek hatályát kiterjesztő 9/1973./V.É.23./ KFH elnöki utasítás, amelynek értelmében valamennyi, 50 m-nél mélyebb fúrásban, ideértve a nyersanyagkutató és talajmechanikai fúrásokat, vízkutakat stb., kötelezően geofizikai (karotázs-) méréseket kellett végezni.

Az adatok számítógépes feldolgozását a Mélyfúrási Geofizikai Főosztály Módszertani Osztálya végezte az évek során változó összetételben. *Békássy Csaba, Bihari Lászlóné, dr. Kovács Józsefné, Lach Zsuzsanna, Mészáros Ferenc, Szegedi Szilvia, Szendrő Dénes, Palánki Éva* volt a névsor. Eleinte az ELGI Minszk-32 központi gépén dolgoztak, és a terepi szelvényeket a *Szalai Mihály* kifejlesztette „KAD” digitalizálóval tették át lyukszalagra.



A 70-es évek végén a digitális terepi mérések megjelenése nyomán kezdődött el a digitális adatbázis építése. Először a HP 9825 alapú „mini-centrum”, majd a személyi számítógépek megjelenésekor az „AT” volt a hardveres háttér. A feldolgozó- és adatbázis-kezelő programok saját fejlesztésűek voltak. Az adatárba részben a terepi szalagokról átjátszott és átkódolt mérések, részben a régi szelvényekről digitalizált adatok kerültek be. Ekkor a Szalai-féle „miskográf” már lassan háttérbe szorult, átvette a helyét a személyi számítógéphez kapcsolt FOK-GYEM gyártmányú digitalizálótábla. A téma a „Karotázs szakmai adatbázis” nevet kapta, vezetője *Szendrő Dénes* volt.

Közben elkezdődött a papíron lévő szelvények – az ELGI-mérések – rendszerezése is. A zsákokban ömlesztve tárolt pausz- és fénymásolattenger feldolgozását *Mészáros Ferenc* és *Bagi Róbert* végezték fáradhatatlanul. Létrejött a szelvénytár, az ELGI által mintegy kilencezer fúrásban mért karotázsszelvény fénymásolatainak katalogizált, rendszerezett adattára. A teljes anyag mérésenkénti minősítést kapott a további feldolgozhatóság szempontjából, és a fúrások fő adatai (név, koordináták, fúrócég, mérések stb.) adatlapokon kerültek rögzítésre. Ekkor már elkezdődött az MGSZ Információs Központban (korábbi MÁFI Adattár) a fúrási nyilvántartás számítógépre (dBase-táblákba) történő írása, és ehhez illeszkedve ezek az adatlapok is gépre kerültek: készült a „Karotázs megkutatottsági adatbázis”. A munka folyt, de közben folyt a földtani intézményrendszer átszervezése is. 1994-ben lényegében megszűnt az ELGI-ben a mélyfúrás geofizika, a létszám szinte teljes egészében távozott az Intézettől, és ezzel feledésbe merültek a korábbi feldolgozó-, adatkezelő-programok is.

Az Intézetben korábban művelt adatbázistémák az újonnan megalakított Adatkezelési Főosztályra kerültek, amelynek vezetője *Baráth István* lett. A „... megkutatottsági adatbázis” mint téma az ELGI-ben megszűnt, *Mészáros Ferenc* egyedül, a már nyugdíjas *Bagi Róbert* segítségével folytatta a szelvénytár rendszerezését.

A „Szakmai adatbázis” neve „Mélyfúrás-geofizikai adatbázis és alaphálózati” projekt lett, vezetője *Bán István*. Az átszervezések során 1994-ben *Lendvay Pál* és *Tasnádi Henrikné*, 1996-ban *Bucsi Szabó László*, *Kutassy Lászlóné* és *Kozsa J. Gáborné* kerültek a projekthez. Ekkor (1994–95-ben) még az volt a törekvés, hogy a digitalizált adatok tárolása és újrafeldolgozása az INTERGRAPH munkaállomáson a Logstation rendszerrel történjen. Némileg bonyolította a helyzetet, hogy lényegében akkor, mikor ez az elhatározás megszületett, *Szendrő Dénes* és az INTERGRAPH is az MGSZ Számítástechnikai Osztályára került át. *Szendrő Dénes*

ugyan csak néhány hónapig, de a munkaállomás továbbra is maradt az MGSZ-ben. A korábbi kollégák közötti jó viszony azonban lehetővé tette a közös munkát – ekkor még nem volt az ELGI-ben teljes belső hálózat, tehát oda kellett ülni az INTERGRAPH gép mellé. Sajnos ez sem tartott sokáig, mert a szoftver 1996-ban telepített verziója már nem tartalmazta a Logstation modult.

1997-ben *Bán István* egyéni munkavállalóként külföldre szerződött. 1998 nyarán az itthoniak döbbenet értesültek róla, hogy visszatérőben új munkahelyére, Líbiába, tragikus közúti baleset áldozata lett Máltán.

A projektvezető 1997-től *Lendvay Pál* lett. Kidolgozták a feldolgozásra kerülő fúrások kiválasztásának alapelveit. A legfontosabb szempont az alapfúrások feldolgozása volt, de igazodni kellett a futó projektek igényéhez is. Cél volt az ország területén egyenletes lefedettség biztosítása, kapcsolódás a szeizmikus alaphálózathoz. Előtérbe került a jellegzetes formációkat harántoló fúrások kiválasztása is. Két digitalizálóasztalon évente mintegy 50 fúrás méréseit digitalizálták szorgos női kezek. Az eredmény mágneslemezre, később CD-re került. Az évenkénti gyarapodást számszerűen az alábbi táblázat mutatja.

7-1. táblázat. A digitalizált adatokból épülő adatbázis évenkénti gyarapodása

Év	Fúrások száma	Feldolgozott szelvényhossz (m)
1992	60	122714
1993	78	357277
1994	47	171999
1995	113	161322
1996	59	219961
1997	48	267650
1998	45	252363
1999	36	289280
2000	22	211995
2001	70	202640
2002	63	200300
2003	47	218846
Összesen	688	2676347

Sajnos sok, régebben digitalizált mérést nem lehetett felhasználni, mert a fúrás nem volt azonosítható, nem volt meg a koordinátája, vagy az adathordozó nem volt olvasható.

1999-ben az ELGI honlapján kívül a francia Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) által koordinált EU-projekt (GEIXS) weblapján is megjelent az adatbázisra való hivatkozás és a legfontosabb információk. „Apró” hiányosság, hogy a kezelőszoftver csak az akkori UNIO-tagok nevét tartalmazta, ezért az adatbázis nyelve: *finn* volt. Szerencsére azt, hogy Magyarországon található, be lehetett írni. A weblapot a program lezárása után később törölték, de a 2006-ban indult GEOMIND uniós projekt honlapján ma is elérhetők az ELGI karotázs-adatbázisának metaadatai.

2001-től átszerveződött a projektrendszer, a mélyfúrás-geofizikai téma – vezetője *Lendvay Pál* – a Térképezési programba került. A program vezetője *Vértesy László* volt.

2002-ben az ELGI egy sikeres OTKA pályázatból megvásárolta a ViewLog/DB szoftvert. Ez a program lehetővé teszi a fúrásokra vonatkozó adatok és a mélyfúrási geofizikai mérések integrált tárolását és kezelését, a mért és számított görbék megjelenítését. Lehetőség van fúrások közötti korrelációs szelvények, valamint térkép szerkesztésére, az eredmények 3D megjelenítésére is. A nyílt relációs adatbázis biztosítja az adatok szimultán, többirányú lekérdezését. A szoftver hatékony kezelőfelületet nyújt, valamint olyan kimenő formátumokat szolgáltat, amelyet más feldolgozó rendszerek is fogadni képesek.

## 7.5. Litoszféra adatbázis

*Kovács Attila Csaba*

Az ezredforduló nagy litoszférakutató projektjei szükségessé tették egy a szeizmikus adatbázistól független, úgynevezett „litoszféra adatbázis” létrehozását is. Ebben az adatbázisban történik a litoszférakutatás számára felhasználható szeizmikus mérési anyagok archiválása és adatbázisba rendezése.

Az adatbázisban szereplő archivált adatok iránt folyamatos igény jelentkezik. Az archivált adatok mind a szeizmikus feldolgozás, mind az értelmezés számára könnyen felhasználhatók és hozzáférhetők.

Az archivált szeizmikus mérési anyagokat SEG-Y formátumban, a sebesség- és a nyomvonal adatokat ASCII formátumban CD vagy DVD adathordo-

zók tartalmazzák. A fellelhetőséget az „információs adatbázis” tartalmazza, amely jelenleg (2008-ig) 361 szeizmikus mérési vonalról (2100 db fájl) tartalmaz információt.

Az archivált adatok (fájlok) nyilvántartására létrehozott információs adatbázisban szerepel minden fontos adat az archivált szeizmikus vonalakról (vonalnév, mérés helye, mintavétel, feldolgozással kapcsolatos információk stb.) Az információs adatbázist a Microsoft SQL Server kezeli. A kezelőfelülete DELPHI-ben készült. Lehetőség van különböző szempontok szerinti válogatásra is. Ennek további fejlesztését és feltöltését az időközben felmerülő értelmezői és a feldolgozói igényeknek megfelelően végezzük.

Az adatok bekerülési sorrendjét a litoszférakutatás, ill. más földtani témák és az adatszolgáltatás aktuális igénye határozza meg.

Folyamatosan történik az RMS sebességek archiválása is. Ezek az adatok egyrészt a litoszféra-szelvények tomografikus feldolgozásának fontos kiinduló adatait jelentik, másrészt a szeizmikus értelmezés számára is nélkülözhetetlenek. Jelenleg 250 db mérési vonal RMS sebességét tartalmazza az adatbázis. Lehetőség van a sebesség helyeinek EOV-koordináta szerinti megjelenítésére is.

Az archivált adatok dokumentálása és tárolása a 2003-ban bevezetett minőségbiztosítási rendszer követelményeinek megfelelően történik.

# 8. fejezet

## **Műszer- és módszerfejlesztés**

*Baráth István, Bodoky Tamás, Kakas Kristóf,  
Kovács Béla, Szabó Zoltán, Verő László*

## 8.1. Szeizmikus műszer- és módszerfejlesztés

*Kovács Béla, Bodoky Tamás*

Az ELGI szeizmikus tevékenységét összefogó szervezeti egység 1970-ig osztályként működött. Minthogy azonban a 60-as évek végén meginduló számítógépes adatfeldolgozással szemben a nagy tömegű információt szolgáltató szeizmikus mérési anyagok kezelése támasztotta a legnagyobb követelményeket, a szervezet kibővült az ELGI számítóközpontjával, így 1970-től Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály néven dolgozott tovább. A Szeizmikus Osztály irányítását 1956–57-ben, továbbá (több évi kínai munka után) 1962-től 1970-ig, majd a Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály irányítását 1970-től 1991-ig *Posgay Károly* látta el. A szervezet munkája az alábbi feladatkörök ellátására terjedt ki:

- a szeizmikus kutatásokhoz szükséges korszerű műszerek és módszerek kifejlesztése,
- földtani célú szeizmikus terepi mérések végzése,
- szeizmikus mérési adatok feldolgozása,
- szeizmikus mérési eredmények földtani-geofizikai értelmezése.

A Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztályon belül a különböző feladatok ellátására osztályok szerveződtek, így a szeizmikus műszerfejlesztés is osztállyá alakult Szeizmikus Műszerosztály néven. Az osztályt 1970 júniusától 1990 decemberéig, az ELGI és az ELGI fejlesztésű műszerek sikeréveiben *Kovács Béla* irányította. 1991 januárjában az Intézet helyzetében bekövetkezett változások miatt az osztály megszűnt, és a következő néhány év során a szeizmikus műszerfejlesztés néhány főre zsugorodott.

### 8.1.1. Szeizmikus műszerfejlesztés

*Kovács Béla*

#### 8.1.1.1. Mélyszerkezet-kutatásra szolgáló terepi műszerek fejlesztése és előállítása

Az Intézet történetének I. kötetében leírtak szerint a hazai szeizmikus kutatás az ötvenes évek elején indult erőteljes fejlődésnek. Ekkor jött létre az intézeti műszerfejlesztő bázis, amely 1951-ben elkészítette az első magyar 24 csatornás fotóregisztrációs berendezést. A műszerek sorozatgyártására megalakult a

Geofizikai Mérőműszerek Gyára (GMG), amely el tudta látni a hazai és később – a 26 + 1 csatornás változat kifejlesztésével – az exportigényeket is. Ez volt a rendkívül sikeres kínai expedíció műszere is.

A hagyományos fotóregisztrációs eszközök azonban néhány év alatt elavultak, külföldön már nagyobb érzékenységgű, korszerű paraméterekkel rendelkező, hordozható műszerek terjedtek el, és megjelentek a műszerekhez kapcsolható mágnesszalagos adapterek is, a felvett adatok bármikor reprodukálható és tovább vizsgálható rögzítésére (adatgyűjtés).

Az igazán sikeresnek mondható kezdet után az új műszerfejlesztő munkacsoport különböző problémák miatt csak nehézkesen jött létre, mert a korábban ott dolgozó szakemberek egy része már eltávozott, és a legtöbb tapasztalattal rendelkező, irányításra képes kutatók átmenetileg a kínai expedícióban tevékenykedtek. A műszerfejlesztés elmaradása a földtani témák kutatásait is hátráltatta, a nagyon fontos módszertani kísérletekkel együtt. Végül a mágnesszalagra regisztráló műszer típus első, miniatűr elektroncsöves, 20 csatornás példánya, az FM-20 (FM: frekvenciamodulált) csak 1962 őszén került terepre. A műszerrel nyert igen jó eredmények a kőolajipari geofizika szakemberei előtt is igazolták, hogy a szeizmikus kutatásokat korszerű eszközökkel kell megerősíteni. Az általuk időközben beszerzett francia gyártmányú (Sercel) műszerek jó eredményei ugyanakkor kedvező hatással voltak az intézet műszerfejlesztésére is (Posgay 2009).

Az FM-20 terepi adatgyűjtő eredményesen mutatkozott be az alföldi módszertani kutatásokban. A műszer használatbavételével egyidejűleg megkezdődött a berendezés teljesen tranzistoros kivitelű, sorozatgyártásra alkalmas változatának kifejlesztése. Ez a munka, amely már az ELGI és a Gamma Optikai Művek (GOM) Geofizikai Gyáregysége között létrejött együttműködési szerződések keretében folyt, a magnetofonos szeizmikus berendezés SZM 24+6 jelű, gyártható típusának létrehozását eredményezte.

A tranzistoros változat konstrukciója 1964 végére alakul ki. Elkészülnek az alapegységek kísérleti példányai, és ugyanebben az évben Abonyban már próbamérések folynak a tranzistorokkal működő 6 csatornás felvevő egységgel. A műszer 24 csatornás kísérleti példánya 1965-ben készül el, és a következő évben már terepi mérések bizonyítják a berendezés rutinmérésekben való alkalmazhatóságát. Közben – a műszer iránti sürgető igények hatására – az ELGI–GOM szerződés keretében megkezdődik a gyári prototípus kidolgozására irányuló munka is. A GOM 1967-re az ELGI fejlesztőgárdájának közreműködésével gyártja

le a magnetofonos műszer prototípus példányát, és a gyártással párhuzamosan folyik a gyári előírásoknak megfelelő dokumentáció elkészítése. Ekkor már az ELGI-ben két terepi csoport használja a magnetofonos berendezés FM-20, ill. SzM 24+6 kísérleti példányait.

A prototípus példányának gyártásával egyidejűleg a GOM Geofizikai Gyáregysége az 1966-ban a GOM állományába került *Bádonyi Géza* gyáregységi főmérnök (később igazgató) irányításával megkezdte a hazai (ELGI, OKGT SzKÜ) és exportigények (szovjet, lengyel) kielégítésére szolgáló berendezések legyártását is. A magnetofonos műszer „nagy éve”, az 1968-as esztendő hozza meg a mintegy tíz éves erőfeszítés beteljesülését. Az ELGI és az OKGT Szeizmikus Kutatási Üzeme (SzKÜ) ekkor veszi használatba a gyári berendezések első példányait. Az OKGT a korábban vásárolt francia műszerekkel való összehasonlító terepi mérésekkel (Győrszentiván 1968 okt.–nov.) ellenőrzi a részére leszállított három SzM 24+6 berendezés teljesítőképességét. A francia műszerekkel szerzett tapasztalatok nyomán néhány továbbfejlesztést igénylő kiegészítést rendelnek a műszerekhez, amelyeket az ELGI a gyártás közben valósít meg.

Növelte a magnetofonos berendezés használhatóságát az átíróadapter (transzkriptor) kifejlesztése, amely lehetőséget teremtett az FM rendszerű terepi felvételeknek a Sercel CS621 analóg számítógépen való szelvényyszerű feldolgozására. Az OKGT és az ELGI szakemberei között kialakult kollegiális kapcsolat jelentősen hozzájárult a hazai fejlesztésű és gyártású műszerek zökkenőmentes munkába állításához. Az OKGT SzKÜ *Kónya József* által vezetett karbantartócsoportja és *Jermendy Zoltán* számítógép-üzemeltető szakmai felkészültsége és segítőkészsége számos kezdeti nehézség gyors és hatékony áthidalását segítette elő.

Az SzM 24+6 típusú műszer exportja nem a várakozásnak megfelelően alakult, mivel szovjet megrendelésre mindössze egy berendezés kiszállítására került sor (1969), számottevő mennyiséget (3 műszert) pedig csak a lengyel kőolajipar vásárolt 1972-ben. A magnetofonos berendezések első 5 db-os sorozatának legyártását követően az ELGI és a GOM fejlesztési szerződést kötött az ún. szerkesztési „0” dokumentáció elkészítésére. Ez a munka – melynek során elkészült az akkori gyári előírásoknak megfelelő dokumentáció – a gyártási és fejlesztési tevékenységgel párhuzamosan folyt, és 1969 júniusától 1970 decemberéig tartott. A dokumentáció elkészítésében az ELGI szakemberein kívül a részt vett a GOM szervezetébe tartozó *Szőnyi György* vezető tervező és *Boér László* villamosmérnök is. A végleges dokumentáció alapján a GOM még további két berende-



zést gyártott le az OKGT részére, az említett hármat lengyel megrendelésre és egyet állami támogatással Észak-Vietnam részére. A hazai szeizmikus kutatásokban az ELGI és az OKGT SzKÜ a 70-es évek közepéig alkalmazta az analóg rendszerű magnetofonos műszereket.



8-1. ábra. Valent László az SzM 24+6 típusú berendezést kezeli

Az ELGI-ben folyó szeizmikus műszeres munkának ebben a fázisában újra létrejött az a fejlesztő bázis, amely egyaránt gyakorlatot szerzett a konstrukcióban, a terepi bemérésben és a gyártásba vitelben. A munka gazdaságilag is eredményes volt, mivel az elkészült műszerek kutatási és előállítási költsége kisebb volt annál a ráfordításnál, mint amelyet a nyugatról való beszerzés jelentett volna. A jövőre nézve azt a következtetést lehetett levonni, hogy lényegesen rövidebb idő alatt vihetők gyártásba a műszerek, ha a fejlesztőgárda a kísérleti példány javított dokumentációjával és helyi művezetéssel ad segítséget a gyártónak. Ez nemcsak az átfutási időt rövidíti le, hanem a fejlesztők számára is időmegtakarítást eredményez, és a gyártással létesített kapcsolatuk során fontos tapasztalatokat szereznek, amelyek megkönnyítik a következő konstrukció gyártásba vitelét.

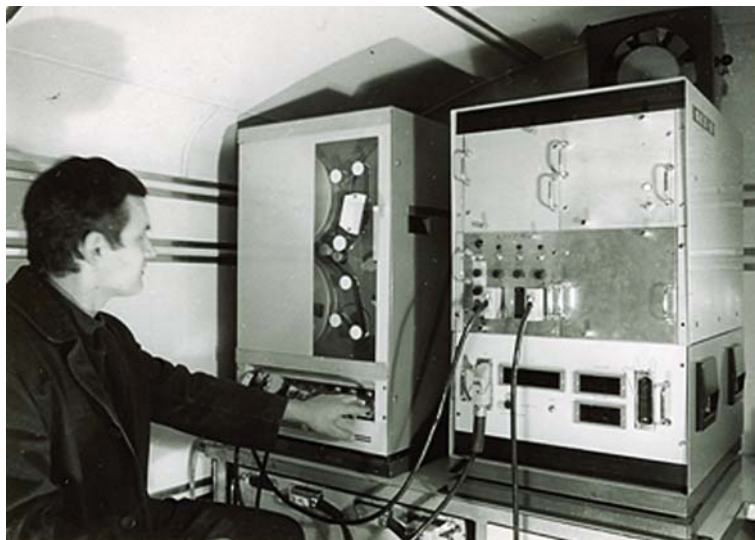
A magnetofonos műszer fejlesztése a Szeizmikus Osztály Műszerfejlesztő Laboratóriumában folyt. A konstrukciós munkában *Bádonyi Géza, Czifra Ferenc, Fábíán András, Kom-*

*játhy József, Kovács Béla és Pethő Etelka vett részt. A technikus, szerkesztői és műszerész feladatokat Erős János, Forró Nándor, Fülöp Lajos, Pandur Ferenc, Papp Ibolya és Vad Anna látták el. A dokumentációs munkához kapcsolódó műszaki rajzokat Bánfai Ágnes, Czettel Istvánné, Kiss Mária és Tóricht Györgyi készítette. A kísérleti műszeregységek mechanikáit a Herbály Imre által vezetett Finommechanikai Műhely szerkesztőinek közreműködésével a műhely szakmunkásai készítették el.*

A szeizmikus műszerfejlesztés következő fázisa a digitális terepi berendezések létrehozására irányult. Az új berendezéstípus kidolgozását elsősorban a digitális számítógépek alkalmazásának elterjedése tette szükségessé. A 60-as évek közepére az integrált áramkörök megjelenése nyomán megindult a harmadik generációs számítógépek gyártása, ami kedvező feltételeket teremtett a nagy adattömegeket előállító szeizmikus terepi felvételek sokoldalú automatikus feldolgozásához. Az ELGI ekkor még nem rendelkezett a megfelelő számítástechnikai kapacitással, de nem lehetett kétséges, hogy a jövő a számítógépes feldolgozásé. A digitális szeizmikára való felkészülés már a 60-as évek elején megkezdődött az egyszerűbb feladatoknak az akkor rendelkezésre álló számítógépeken (IBM-628, UMC-1) történő megoldásával. A gépi feldolgozáshoz szükséges alapprogramok 1966-ra készültek el. A kísérleti munkák felgyorsítását, a legfontosabb programok futtatását a Minszk-2 típusú számítógép 1967-ben történő használatbavétele tette lehetővé. A digitális technikára való áttéréshez digitális formátumú terepi felvételeket kellett előállítani és a számítógépbe táplálni. Ez a feladat kezdetben a mágnesszalagra regisztrált FM-felvételek digitalizálásával valósult meg. Az analóg szeizmikus jelek bináris kódolásához szükséges A/D konvertert – amely kezdetben periódusmérésen, majd később az amplitúdó meghatározásán alapult – Koch György fejlesztette ki 1966–67-ben. A konverter megvalósítása elsősorban a számítógépes feldolgozás kezdeti kísérleti munkáit segítette elő.

A digitális formátumú felvételt szolgáltató teljes terepi berendezés kifejlesztésére Vincze János villamosmérnök vezetése alatt 1966-ban – tehát a magnetofonos műszer gyártásba vitelével párhuzamosan – megalakult a Szeizmikus Osztály digitális műszerfejlesztő laboratóriuma. Ebben az időben a hazai tudomány és ipar más területein is éppen csak kialakulóban volt a digitális technika, ezért kapcsolatba kellett lépni azokkal az intézményekkel és vállalatokkal (KFKI, HIKI, GOM, MECHLABOR, EMG), akik egy-egy résztemában segítségünkre lehettek (Posgay 1985). A velük létrejött együttműködéseknek is jelentős szerepük

volt abban, hogy a hatvanas évek végére elkészülhetett az első, kísérleti digitális szeizmikus berendezés, az SDT-1, majd annak a terepi tapasztalatok alapján javított változata, az SDT-2.



8-2. ábra. Németh Géza az SDT-1 típusú berendezéssel

A fejlesztés során létre kellett hozni a digitális technika sajátos áramköri egységeit, a felvételhez multiplexert, bináris erősítőt, A/D konvertert, digitális magnetofont, az analóg terepi lejátszáshoz demultiplexert, D/A konvertert, a robbantáshoz és az időjel előállításához korszerű rádiós lövési rendszert és a teljes berendezés vezérlését ellátó logikai egységet. A feladatok megoldásában való gyors előrehaladást jelzi, hogy 1967-re befejeződtek a tervezési munkák, és elkészült néhány részegység is. A fejlesztés fontos szakasza volt az a munka, amelyet *Kengyel Miklós* irányított a digitális magnetofon létrehozására, mivel a jelfrögzítőre nemcsak a terepi felvételekhez, hanem az adatok számítógépbe való beadásához is szükség volt. A következő évben *Németh Géza* vezetésével a teljes rendszer működésének helyességét igazoló deszkamodell összeállítására és sikeres terepi kipróbálására került sor. Az elkészült modellt 1968 szeptemberében az ELGI bemutatta a XIII. Geofizikai Szimpózium külföldi résztvevőinek is.

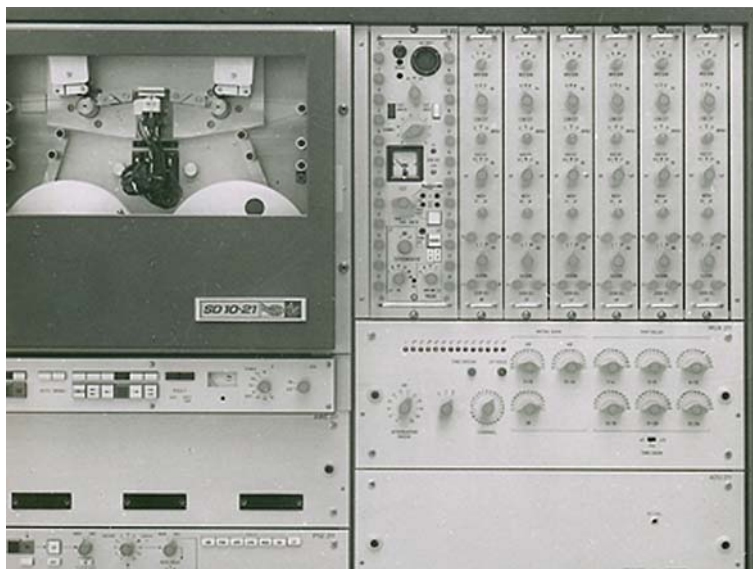
A hazai gyártási háttér és a KGST országok geofizikai szervezeteivel való együttműködési lehetőségek felmérése alapján a digitális berendezés végleges

konstrukciójának mielőbbi kialakítása és gyors gyártásba vitele érdekében célszerűnek látszott a nemzetközi kooperáció lehetőségének megvizsgálása. Ebben partnerként az NDK és a SZU geofizikai intézményei jöhettek számításba. Gyors eredményre és a konkrét tervezési, gyártási munkamegosztásban való megállapodásra az NDK-ban működő geofizikai szervezettel, a VEB Geophysik Leipzig-gel folytatott tárgyalások vezettek. A korábbi időszak tapasztalatai azt mutatták, hogy a szovjet geofizika a nagy tömegben alkalmazott stratégiai fontosságú alaptervezések vonatkozásában nem támaszkodik külföldi alkatrészbázisú importeszközökre. A későbbiekben az ELGI számára jelentős gazdasági eredményt hozó műszerszállítások a szeizmika egy-egy részterületén – elsősorban a tengerkutató és expedíciós adatfeldolgozásban, továbbá a mérnök- és bányaszeizmikában – a különböző szovjet intézményekkel kialakított együttműködésekhez kapcsolódtak. A kelet-német geofizikai vállalattal létrehozott kooperáció szerencsés választásnak bizonyult, mivel így mindkét fél a felkészültségének és gyártási hátterének legjobban megfelelő feladatok megoldását vállalhatta, és nem konkurensként léptek fel egymással szemben. A fejlesztési és gyártási szerződéshez vezető tárgyalásokon a német fél részéről *Körner* vezérigazgató, *Palesch* tudományos igazgató és *Weimert* főkonstruktor, illetve a magyar fél részéről *Müller* igazgató, *Posgay* főosztályvezető és *Vincze* főkonstruktor, vettek részt. A tárgyalások eredményességét elősegítették a magyar félnek az SDT-1 és az SDT-2 digitális szeizmikus berendezéssel szerzett műszerfejlesztési és terepi tapasztalatai, továbbá elméleti vizsgálatai (Posgay, Korvin, Vincze 1971).

A két évtizedig tartó sikeres együttműködés során a közös fejlesztésű digitális szeizmikus berendezések több generációja (SD-10, SD-12, SD-20, SD16, Volna-96) került gyártásba. A munkamegosztás szerint a magyar félnek jutott az adatgyűjtéshez és a visszajátszáshoz szükséges, jellemzően digitális áramkörök (multiplexer, A/D konverter, bináris erősítő, a visszajátszó elektronika szalagolvasó része, lövési rendszer) fejlesztése és gyártása, míg a német fél feladatkörébe az analóg áramkörök, mágnesszalagos egység, papírregisztráló, táprendszer és a központi vezérlés megvalósítása tartozott. A közös fejlesztésű SD-10 berendezés prototípus példánya – amely még a 9 sávós, 2 bájtos adatfelírási formátumot alkalmazta – 1972-re készül el (Posgay 1985).

A következő évben, a műszer nullsorozatának legyártásával egyidejűleg került sor a szeizmikus követelményekhez jobban igazodó 21 sávós felírási formátum és az ehhez szükséges mágnesszalagos egység megvalósítására. A kőolajipar Geofizikai Kutatási Üzeme ekkor már rendelkezett a Texas Instruments által

gyártott DFS-III típusú berendezéssel, és a 21 sávos SD-10 műszernek a DFS-III-mal való összehasonlító mérései alapján az OGGT GKÜ úgy döntött, hogy digitális műszerparkját a korszerűsített SD-10 berendezésekkel egészíti ki. Először két műszert, majd további hármat vásárolt az ELGI-től mint fővállalkozótól. Néhány berendezés exportjára is sor került Lengyelországba, Csehszlovákiába és Romániába.



8-3. ábra. Az SD-10/21 típusú berendezés alapegységei

A 70-es évek közepére a hazai szeizmikus kutatásban is uralkodóvá válik a digitális terepi berendezések alkalmazása, ami a számítógépes feldolgozás egyre bővülő eszköztárával együtt új távlatokat nyit a kutatás számára. A nyugati világban ekkor teljesedik ki egy új szeizmikus kutatási módszer, a „vibroseis” térhódítása. Az új eljárás a rezgések keltésére szervohidraulikus vibrátorokat alkalmaz, az adatgyűjtésre pedig számítógéppel kiegészített digitális berendezést. Mivel az intézeti szeizmika számos feladata olyan területekre esett, ahol a fúrás-robbantás nehézségekre ütközött, vagy nem adott megfelelő eredményt, célszerűnek látszott egy vibroseis csoport felállítása. A szükséges USA gyártmányú eszközöket – amelyek közül egyik-másik súrolta az embargó határát – a francia Techmation cég közvetítésével sikerült beszerezni. A hordozójárműveket (Bird-

wagen), a Failing gyártmányú vibrátorokat és az ezekhez tartozó vezérlőelektronikát 1975 októberében, a mérőberendezés számítógépes egységeit (CFS-I) pedig a következő év februárjában szállították le. A teljes mérőműszerhez még hozzá tartozott volna a DFS-IV típusú digitális berendezés is, mivel azonban ekkor már készen volt az amerikai műszerhez hasonló felépítésű és műszaki színvonalú SD-10-21, ez került a DFS-IV helyére.

A vibroseis módszer és a vásárolt elektronikai eszközök használatának megismertetésére tartott tanfolyamokra *Bodoky Tamás, Czifra Ferenc, Erőss Sándor, Kiss Ferenc* és *Németh Géza* utazott ki az USA-ba. Hazaérkezésük és az egységek leszállítása után megkezdődött a teljes terepi mérőkomplexum összeállítását és üzembe helyezését célzó munka. Az SD-10 – CFS-I illesztés megvalósítása *Németh Géza* irányításával folyt, az illesztéshez szükséges speciális műszer egység áprilisra készült el. A laborpróbák és a vibrátorok budapesti kipróbálása után a ZIL-131 típusú gépkocsi alvázára szerelt légkondicionált műszerkabinban elhelyezett mérőrendszerrel júniusban már terepi próbamérések folytak Debrecen környékén. A használatba vett vibroseis berendezés megbízhatóságának növelésére és teljesítőképességének fokozására a későbbiekben még számos átalakításra és bővítésre került sor. Így valósult meg a késleltetés nélküli lebegőpontos erősítésszabályozás (IFP), a 48 csatornás kiépítés, amelyet végül 60 csatornára bővítettünk. Ez volt a CFS-1 rendszerrel használható maximális csa-



8-4. ábra. A vibroseis műszerkocsi

tornaszám, amely a világon egyedül az ELGI-ben működött, mert a CFS-1 60 csatornás rendszer szoftvere hibás volt (a szoftverhibát megfelelő dokumentáció híján, sok éjszakán át folyó munkával *Hermann László*, *Németh Géza* és *Bodoky Tamás* találták meg és javították ki). Ezt követte a mérőrendszer bővítése a terepi előfeldolgozáshoz szükséges perifériákkal (Corollpress plotter, második mágnesszalagos egység). Az átalakítások és bővítések eredményeként a rendszert a szoftvertől függően akár adatgyűjtésre, akár előfeldolgozásra vagy szelvénykészítésre is lehetett használni.

A digitális műszerek fejlesztése és az intézeti fejlesztésű egységek előállítása 1970-től a Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály szervezetében megalkult Szeizmikus Műszerosztályon folyt. Az osztály feladatkörébe tartozott még a sekélyszeizmikus műszerfejlesztés, továbbá a terepi berendezések és felszerelés karbantartása is. Később, a tengeri szeizmikus műszerfejlesztés is a Műszerosztályon kezdődött és a bányaszeizmikus berendezés kifejlesztése és gyártása is itt valósult meg.

A digitális műszerek első generációját – az SDT-1-től a vibroseis rendszerbe illesztett SD-10-21-ig terjedő sorozatot – a 60-as évek első felében végzett fiatal villamosmérnökök fejlesztették ki. A konstrukciós munkában részt vett *Kemenesi László*, *Kengyel Miklós*, *Mészáros Csaba*, *Nagy Miklós*, *Németh Géza*, *Steiner Zoltán*, *Szép Ferenc*. A műszeregységek megépítéséhez és karbantartásához kapcsolódó technikai és műszerész feladatokat *Arany Ferenc*, *Bádonyi Gézáné*, *Ilovszky Gábor*, *Izsó László*, *Kalász Lajos*, *Málits György*, *Mészáros Csaba*, *Pandúr Ferencné*, *Vass Lajos* látták el. A nyomtatott áramkörök kliséinek elkészítésére és az egységek dokumentálására külön dokumentációs csoport alakult. A csoport állományában *Czabarka Andrásné* irányításával *Bánfai Ágnes*, *Kozsa J. Gáborné*, *Herczeg Mária*, *Mészáros Józsefné* és *Menyhárt Győzőné* dolgozott.

A VEB Geophysik Leipzig részéről a konstrukciós és műszerépítési munka *Günter Weimert* és *Manfred Jana* vezetésével folyt. A fontosabb műszeregységek tervezését és gyártásuk irányítását *Höpfner*, *Kage*, *Lauer*, *Pallmann*, *Richter*, *Schreiber*, *Teichmann* és *Winter* mérnökök végezték. Az együttműködés során a berendezések rendszertervének és alapparamétereinek meghatározására, a munkák teljesítési határidőinek kitűzésére, valamint az eredmények értékelésére a Lipcsében vagy Budapesten rendszeresen megtartott szakértői tanácskozásokon került sor. A konstrukciók véglegesítése a kísérleti példányok terepi próbaméréseinek tapasztalatai alapján történt. A sokéves közös munka zökkenőmentes bonyolítását elősegítette *Vincze János* folyamatos szakértői és kapcsolattartó közreműködése, továbbá a németül kiválóan beszélő *Nagy Miklós* fordítói tevékenysége. A saját fejlesztésű műszeregységek előállítását a műszerépítő csoport végezte *Szép Ferenc* vezetésével.



A digitális szeizmikus berendezések továbbfejlesztéseként már 1974-ben megkezdődött egy következő műsbertípus, a számítógéppel vezérelt terepi berendezés kidolgozása. A 70-es évek elején az LSI (Large Scale Integration) technológia alkalmazásaként megjelennek az univerzálisan felhasználható logikai áramköri rendszerek, más néven mikroprocesszorok, és az ezekkel működő mikro- és miniszámítógépek. A szeizmikus műszer mint mérőrendszer számára ideális eszköz a számítógép, mivel központi egységként alkalmazva a speciális funkciókat ellátó egységeket a buszrendszerre illesztett perifériákként kezeli, ami megteremti a nagyfokú rugalmasságot biztosító programozott működtetés és a moduláris bővítés lehetőségét. Az alapkiépítésű berendezésben a mikrogép vagy minigép végzi az adatgyűjtés, adatrögzítés, terepi visszajátszás vezérlését, és ellátja a berendezés megbízható működését biztosító sokoldalú ellenőrző funkciókat. A szükséges bővítményekkel (összegző, korrelátor, plotter) kiegészítve a rendszer alkalmassá tehető dinoseis és vibroseis mérésekre, továbbá előfeldolgozásra és szelvényyszerkesztésre is.

A mikroszámítógép megfelelő típusának kiválasztására a Számítástechnikai Koordinációs Intézzel (SzKI) 1974-ben megkötött fejlesztési szerződés keretében került sor. A választás az SzKI által kifejlesztett és gyártott MO51 típusú gépre esett, amely a National Semiconductor cég IMP-16 jelű processzorát alkalmazta. Ez volt az első kiforrott mikroszámítógép, amelyet hazai intézmény fejlesztett ki. Az SzKI a mikrogép mintapéldányát 1975 októberében adta át, ezután kezdődhetett a szeizmikus berendezés új rendszerének kialakítása és a szükséges programkészlet kidolgozása. A műszer funkcionális egységeit úgy kellett átalakítani, hogy a számítógép perifériaként kezelhesse azokat. A következő években ennek megfelelően valósult meg a 48 csatornás új adatgyűjtő egység (SDA), a mágnesszalagos regisztráló működtetésére és a különböző szalagformátumok előállítására szolgáló mikroprogramozott áramköri egység, továbbá megépültek azok a vezérlők, amelyek a szeizmikus felvételhez és a terepi visszajátszáshoz szükséges egységeket a mikrogép I/O sínjéhez csatlakoztatták. Az új műszer – amely a mikrogépvezérelt szeizmikus berendezés elnevezést és az SD-20 típusjelet kapta – korrelátorral kiegészíthető terepi összegző egységet is tartalmazott, hogy később alkalmas legyen impulzusos vagy vibrációs rezgéskeltőkkel való felhasználásra is. Az adatgyűjtőben helyet foglaló előerősítők már saját fejlesztésként valósultak meg, kihasználva a korszerű elektronikai építőelemek alkalmazásával elérhető súly- és méretcsökkentést. Az ELGI – VEB Geophysik Leipzig együttműködés munkamegosztása úgy módosult, hogy a



német fél feladatköre a mágnesszalagos egységre és a terepi regisztrálóra szorítkozott.

Az SD-20 berendezés prototípus példánya 1980-ra készült el, és a következő években rendszeres terepi mérésekben bizonyította használhatóságát. A 80-as évek első felében a mikrogépes fejlesztés eredményeinek felhasználásával a digitális műszerek több olyan változata készült el, amelyek a csatornaszám növelésével és új funkciók bevezetésével jelentős mértékben fokozták a berendezések teljesítőképességét.

A német együttműködő partner az ELGI által kifejlesztett 96 csatornás SDA adatgyűjtő és az NDK gyártmányú Robotron K-1520 típusú mikroszámítógép alkalmazásával saját használatára és exportcélokra hozta létre az SD16 típusjelű szeizmikus berendezést. Az új műszer mintapéldánya – amely a digitális jelek korrelátorhoz való csatlakoztatását is lehetővé tette – 1985-re készült el. A mikrogépes fejlesztésekkel párhuzamosan a KGST tengerkutatási programja és az ELGI–Videoton együttműködés keretében megvalósult az adatgyűjtő egység R10, ill. R11 számítógéphez való illesztése, ami lehetővé tette tengeri szeizmikus mérésre és előfeldolgozásra alkalmas rendszerek megépítését. Korszerű mikroelektronikai építőelemek felhasználásával sikerült kifejleszteni az ún. struktúravezérlő egységet, amely a szeizmikus mérés paramétereinek egy felvételen belüli változtatására adott lehetőséget.

A mikrogépes fejlesztés hasznosulásának legjelentősebb állomása a „Volna” típusú (az elnevezés az orosz *волна* szóból származik, amely hullámot jelent) tengeri szeizmikus berendezés létrehozása volt. Egy Budapesten tartott tengerkutatási tanácskozás alkalmával a szovjet küldöttségnek bemutattuk az akkor már terepen dolgozó SD-20 berendezést. A bemutatás során megállapították, hogy a mikroszámítógép sokoldalú vezérlő- és ellenőrző-funkciói alkalmassá tehetik a műszert a magas fokú automatizálást igénylő tengeri mérések végzésére. Az INTERMORGEO program kutatási feladatáként az ELGI–Szojuzmorgeo–VEB Geophysik Leipzig közös fejlesztéseként 1984-re elkészült a 96 csatornás műszer mintapéldánya. A tengeri kipróbálás eredményei alapján a következő években több rendszer értékesítésére került sor, és 1987-ben Murmanszkban a Lazarev kutatóhajón lefolytatott hivatalos állami approbáció (jóváhagyás) a „Volna 96” rendszert rutinszerű használatra alkalmasnak nyilvánította. Egy tengeri berendezést a lengyel kőolajipar is megvásárolt. Az SDA adatgyűjtőből, amely részét képezte az SD-16 mikrogépes rendszernek, az R-11 bázisú tengeri berendezésnek és a Volna 48/96 típusú műszereknek, az 1981-től 90-ig terjedő



8-5. ábra. A Volna 96 típusú berendezés alapegységei

időszakban összesen mintegy 35 példányát értékesítettünk. A 96 csatornás változatot darabonként mintegy 5 millió Ft-os exportáron szállítottuk.

Az új számítógépek és a nagy felbontású feldolgozást biztosító programok alkalmazásával a 80-as évek első harmadában lehetőség nyílik a szeizmikus adatok térbeli ábrázolására alkalmas 3D eljárások kidolgozására és használatuk elterjesztésére. Az új módszer fokozott követelményeket támaszt a terepi műszerekkel szemben is, elsősorban a csatornaszám vonatkozásában. A nagy műszergyártó cégek ekkor kezdik meg a több száz csatornás, ún. telemetrikus berendezések kibocsátását. Ezek a műszerek – felhasználva az analóg és digitális áramköröket ötvöző hibrid mikroelektronikai technológia által nyújtott alkatrész kínálatot és az adatok egyetlen érpáron vagy fénykábelen való nagy sebességű továbbítását biztosító hálózati technika eredményeit – lehetővé tették a szeizmikus információ jellemzően 240, de akár 1000 csatornás egyidejű rögzítését.

A Szeizmikus Műszerosztályon Szép Ferenc laborvezető irányításával a többi fejlesztési témával párhuzamosan 1983-ban indul meg az új műsertípus kidolgozása. A tervtanulmány, majd a részletes rendszerterv elkészítése és jó-

vághagyása után a műszerépítési munka is megkezdődik, és 1986-ra elkészül a kihelyezett terepi adatgyűjtő kísérleti példánya. A terepálló, hőszigetelt műanyag dobozba beépített 4 csatornás egység tartalmazza az előerősítő és szűrőáramköröket, az alacsony szintű multiplexert, a digitális erősítőt és a 12 bites A/D konvertert. Az adatkezelést ellátó központi egység a tervek szerint 240 csatornás kiépítésre nyújt lehetőséget. A következő években megépül a telemetrikus boxok első, majd továbbfejlesztett második változata, és elkészül az IBM-PC/AT alapú központi egység, továbbá illesztések a 6250 bpi-s Geosource magnetofonhoz és az NDK gyártmányú ERG-21 típusú elektrosztatikus regisztráléhoz.

Közben a Videoton Rt. közvetítésével kapcsolatba kerülünk egy szovjet akadémiai intézettel, amely a Kola-félszigeten működő apatitbányák részére a biztonságos bányaműveléshez szükséges számítógépes figyelőrendszereket fejleszt és telepíti. Az általunk kidolgozott telemetrikus rendszer elemeit alkalmaznak találják a kőzetmozgásokat kísérő szeizmikus jelek 3 komponenses észlelésére és azoknak a központi számítógéphez való továbbítására. Az együttműködési megállapodás keretében hamarosan sor kerül a kísérleti rendszer telepítésére, majd több rendszer szállítására. Ez a tevékenység a Szeizmikus Műszerosztály megszűnése után, az ELGI-ből kivált szakemberek önálló vállalkozásaként folytatódott. Az ELGI számára készülő STAR-960 típusú terepi berendezéshez 1990-re megépül 36 db 4 csatornás kihelyezett egység, elkészül a vonalvezérlő, az adatok átmeneti tárolására szolgáló tömegmemória, továbbá a számítógépes központi

egység és a Magyar Kábelművek-nél kidolgozott speciális kábelrendszer. A berendezés üzembe állítására már nem került sor, mivel 1993-ban a szeizmikus nagyberendezések fejlesztése és előállítása az ELGI-ben megszűnt. A nagy csatornaszámú mérésekhez szükséges eszközként ekkor már rendelkezésre áll az 1989-ben beszerzett MDS-16 típusú telemetrikus berendezés. Ezt a műszert Kónya Albert kezdeményezésére kezdetben 168 csatornás kiépítésben szerezte be a Főosztály,



8-6. ábra. A STAR-960 típusú telemetrikus berendezés kihelyezett adatgyűjtő egysége

később az 1990-es évek közepén *Tímár Zoltán* Szeizmikus Mérési Főosztálya ezt 440 csatornásra bővítette.

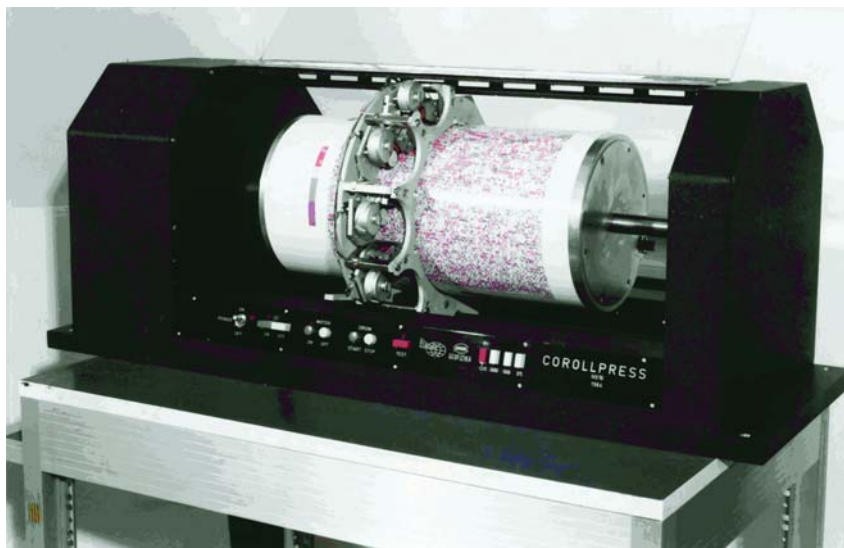
A mikrogépes és a telemetrikus berendezések fejlesztése, továbbá a fejlesztésekhez kapcsolódó, egyre növekvő műszergyártási tevékenység szükségessé tette a mérnöki állomány, a belső gyártóbázis és a karbantartócsoport bővítését valamint külső együttműködő partnerek bevonását.

A korábbi törzsgárda kiegészül *Kiss Ferenc*, *Bagó Gyula* programozókkal, *Huba Csaba*, *Mikula János*, *Radó József* villamosmérnökökkel, *Forró Nándor*, *Gyurkovics Gábor*, *Istváni Béla*, *Török Zoltán*, *Lázár Pál* technikusokkal és *Tóth Lászlóné*, *Simon Lorándné* műszeresekkel. A karbantartó csoportban *Ilovsky H. Gábor*, *Kútvolgyi Ferenc*, *Szegvári László* és *Szabados László* gondoskodik a digitális terepi berendezések zavartalan üzemeltetésének biztosításáról. Az OKGT GKÜ-nek eladott SD-10/21 berendezések karbantartásában a korábbihoz hasonló jó együttműködés alakul ki a *Kónya József* csoportjában dolgozó *Matula Kálmán*, *Mechler István* és *Sugár Iván* szervizmérnökökkel. A fejlesztést és a gyártást segítő új külső partnerek között elsősorban az SzKI, a Servintern Szövetkezet és a Magyar Kábelművek Kisteleki Gyáregysége említhető.

#### **8.1.1.2. Szeizmikus eszközök fejlesztése és előállítása a tengeri szeizmikus kutatások mérő- és adatfeldolgozó rendszereihez**

A KGST Földtani Állandó Bizottsága a 70-es évek elején a tudományos-műszaki együttműködés számos programjának elindítását kezdeményezte. Ezek közé tartoztak azok a kutatási témák, amelyek az INTERMORGEÓ néven létrehozott tengerkutatói szervezet ajánlásai nyomán bontakoztak ki. Kézenfekvő volt, hogy szeizmikus vonatkozásban elsőként az akkor már gyártásban lévő SD10 digitális berendezés tengeri alkalmazásának bevezetésére tegyünk javaslatot, a kelet-német együttműködő partnerrel közösen.

Ezután az ELGI szeizmikus tevékenységében a 70-es évek elejétől kezdődően mintegy 20 éven át fontos helyet foglaltak el a tengerkutatáshoz és a szárazföldi expedíciós adatfeldolgozáshoz kapcsolódó fejlesztési és műszer-előállítási munkák. A számos hazai számítástechnikai intézménnyel és vállalattal, továbbá szovjet geofizikai szervezetekkel kialakított sokoldalú együttműködések keretében folyó fejlesztések nyomán jöttek létre a különböző rendeltetésű számítógépes geofizikai rendszerek, ezen belül pedig az ELGI Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztályán kidolgozott műszeregységek és szoftvertermékek. A kifejlesztett eszközök hosszan tartó, előnyös értékesítése jelentős bevételeket

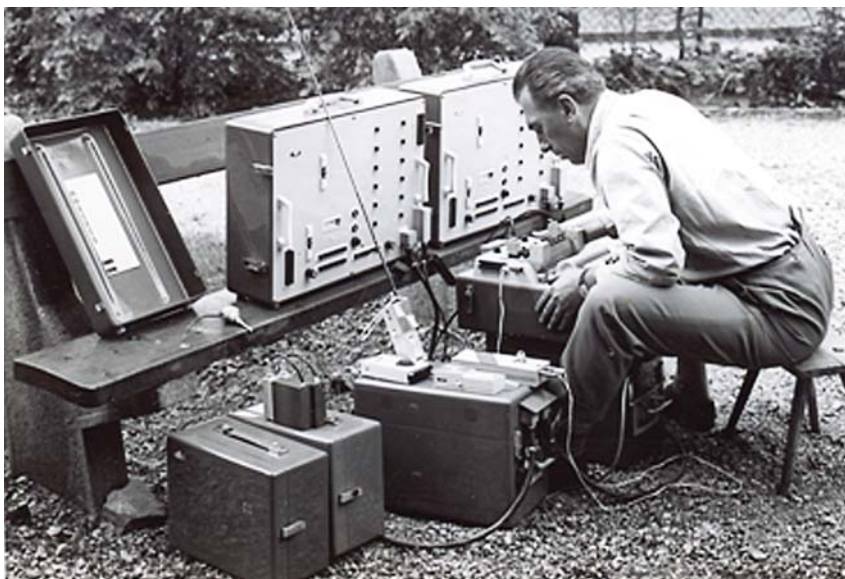


8-7. ábra. A Corollpress színes plotter és szelvényíró eszköz

eredményezett az ELGI, a hazai földtani kutatás és az együttműködő partnerek számára. A különféle szeizmikus hardver- és szoftvertermékek alapvetően a Videoton Rt. által gyártott R-10 típusú kisszámítógéphez, majd annak továbbfejlesztett változataihoz (R-11, R-11Y, VT6000) illesztett geofizikai bővítményekként, illetve programcsomagokként jelentek meg. Ezek sorában nyertek alkalmazást az adatfeldolgozást gyorsító tömbprocesszorok különböző változatai, a szeizmikus szelvények színes megjelenítésére szolgáló Corollpress típusú plotterek, a tengeri mérésekhez kidolgozott adatgyűjtők, a periféraiillesztések és a szeizmikus adatok valós idejű feldolgozását biztosító alkalmazások. A szovjet igényekre kifejlesztett számítógépes rendszerek tengeri kőolaj- és földgázkutatást végző hajókra, szárazföldi geofizikai expedíciók számítóközpontjaiba és az óceánok nagy mélységeit feltérképező kutatóhajókra kerültek.

#### **8.1.1.3. Kis mélységek kutatására szolgáló szeizmikus eszközök fejlesztése és előállítása**

A sekély mélységű földtani kutatási feladatok (mérnök-geofizika, vízföldtan, érc- és szénbányászat) megoldásához fokozatosan valósultak meg a sekély mélység-



8-8. ábra. Sedy Loránd a „Pionir” műszer család tagjaival



8-9. ábra. Pionir III a svédországi Sikla tengerébőlben 1970-ben megtartott bemutató mérésen



tartományban hatékonyan alkalmazható eszközök. A magnetofonos analóg műszerfejlesztés időszakában a Geofizikai Mérőműszergyár 1956-ban létrehozott fejlesztő részlege kidolgozott néhány tranzistoros erősítőtípust és fotografikus jelregisztráló megoldást. Ezek alkalmazásával könnyen hordozható, analóg rendszerű refrakciós berendezések készültek. Az ELGI-ben *Sédy Loránd* vezette azt a konstrukciós csoportot, amelynek munkája a 60-as években a mérnökszeizmikus mérésekhez jól alkalmazható „Pionir” műszercsalád, „Botond” műszerek és a Terrashock (villanyágyú) rezgéskeltő létrehozását eredményezte. A műszerek működésével szemben támasztott fő követelmény az éles első beérkezések észlelése volt. A Pionir-2 típusú berendezés egyetlen kompakt, hordozható egységből állt, amely tartalmazta a tranzistoros erősítőket és a fotografikus regisztrálót. A műszer 1970-ben megvalósult továbbfejlesztett változata már UV-regisztrálással működött, ami lehetővé tette az elkészült felvételek azonnali értékelését. A Pionir-2 és Pionir-3 típusú műszerek jó exportcikknek bizonyultak, néhány év alatt 27 példányt értékesítettünk. A „Botond” típusú készülékek az első beérkezések idejét számjegyesen kijelző digitális időintervallum-mérő eszközök voltak. A Terrashock rezgéskeltő a nagy feszültségre feltöltött kondenzátortelep szikraközön való kisütésekor keletkező 1 kJ energiát használta fel a szeizmikus hullámok keltésére.

A 70-es évek elején, amikor a félvezető memóriák már használatos eszközök voltak, lehetőség nyílt a kis energiájú rezgéskeltéssel készített sekélyszeizmikus mérési anyag digitális tárolására és az egymást követő mérések jeleinek összegzésére. A *Koch György* által megtervezett összegző berendezés első változata még a magnetofonos analóg berendezés egységeit használja fel a felvételek rögzítésére, míg a digitális átalakítás és az összegzés funkcióját a logikai áramkörökből felépített elektronika látja el. Az 1974-ben elkészült műszer 10–40 felvételt készít az FM berendezés mágnesszalagjára, majd a felvételek egyes csatornái demoduláció – szűrés – automatikus amplitúdószabályozás és A/D konverzió után félvezetőtárba kerülnek és összegződnek. Az összegcsatornák D/A átalakítás után regisztrálhatók.

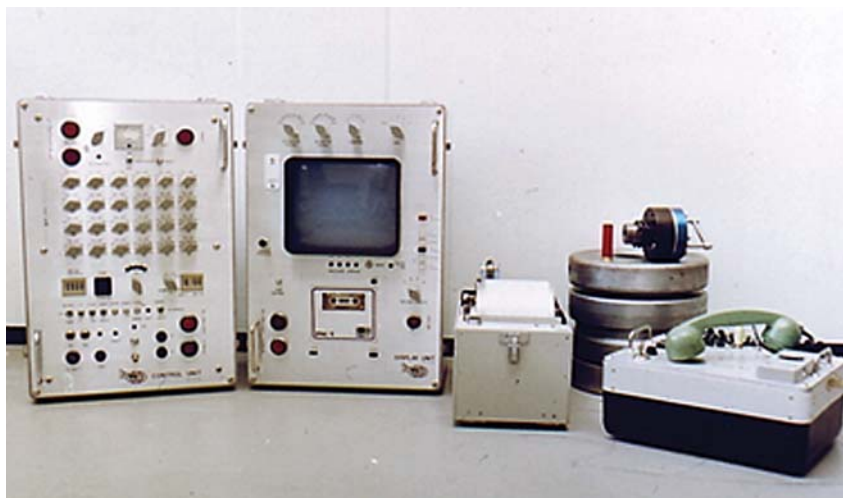
A sekélyszeizmika eszköztára ebben az időben néhány új, szabadalommal védett felszíni rezgéskeltési megoldással is gyarapodik, amelyek kémiai energia (sörét nélküli vadásztöltény) felhasználásával működnek. *Posgay Károly* és *Sédy Loránd* a Hadtudományi Intézet fejlesztőmérnökeivel, *Priskin László* és *Pótári Ferenc* mérnök-alezredesekkel együttműködve fejlesztik ki a rezgéskeltők különböző típusait (SR-II, SR-A, SR-B, SR-C, SR-D) amelyek közül az SR-II bizo-

nyul a leghatásosabbnak. A 80 kg-os acéltömbben elhelyezett vadásztöltényt egy hagyományos lőgép süti el, és a felszabaduló 8 kJ energia a dugattyúszerűen kiképzett acéltest talpán keresztül 25 tonna nyomóerőt fejt ki a talajra. Visszahatásként a rezgéskeltő az elsütés pillanatában felugrik a talajról, ezért az eszköz „kenguru” néven vált ismertté. Az SR-II iránt külföldi érdeklődés is mutatkozott, és a svéd ABEM cég közvetítésével a rezgéskeltőt számos országba exportáltuk. Más célra is készültek sekélyszeizmikus kutatási eszközök, így a fúrólukák közötti térrész szeizmikus átvilágítására speciális felszereléseként fúrólukba leereszthető szeizmométer-füzérek és akusztikusan érzékelő lyukszondák álltak rendelkezésre.

Az első összegző berendezéssel (STÖ-1) szerzett kedvező mérési tapasztalatok és az egyre bővülő elektronikai alkatrészválaszték ösztönzést adott egy teljesen digitális rendszerű mérőszeizmikus műszer kifejlesztésére. A fejlesztés pénzügyi feltételeinek megteremtését elősegítette, hogy 1976-ban bekapcsolódtunk a KGST országok tudományos-műszaki együttműködésének keretében induló Intergeotechnika programba, amelynek egyik részfeladata a kis mélységű geofizikai kutatások eszközeinek fejlesztésére és előállítására irányult. A részt vevő országok mérőszeizmikával foglalkozó geofizikai intézményei az ELGI-re szakosított feladatként jóváhagyták egy összegző típusú mérőszeizmikus műszer kidolgozását. A műszer rendszertervét és részletes terveit *Koch György* készítette el, és 1977-re már megépült az első 12 csatornás változat, amely a mintavételezéstől függő frekvenciatarományokban max. 0,682 ms-os időtartamú összegezett felvételek készítésére volt alkalmas. A felvételeket a lengyel gyártmányú, PK-1 típusú digitális kazettás magnetofon rögzítette, az összegzés hatásának ellenőrzésére pedig a hullámképet megjelenítő katódsugárcsöves oszcillográf szolgált. A műszer 24 csatornás változata – amely már új A/D–D/A konvertert, termoszenzitív regisztrálót és a felvétel előtti ellenőrzést biztosító áramköröket is tartalmazott – 1979-re készült el.

A kísérleti példánnyal az Integeotechnika programban résztvevő intézmények képviselői előtt terepi próbaméréseket végeztünk a Nagyegyháza melletti kísérleti területen. A mérések a műszer sokoldalú alkalmazhatóságát igazolták. A következő évben az ESS-01-24 típusjellel bevezetett mérőszeizmikus berendezés több hazai kutatási területen szolgáltatott értékes szeizmikus anyagot. Bányabeli szeizmikus mérések céljára a Mecseki Szénbányák Vállalat vásárolt igényeiknek megfelelően kialakított berendezést, külföldi érdeklődések nyomán pedig megkezdődött a műszer exportja. A várható értékesítés szempont-





8-10. ábra. ESS-01-24 típusú mérnökszeizmikus berendezés és SR-II rezgéskeltő



8-11. ábra. Szeizmokarotázs kísérleti mérések az ESS-01-24 műszerrel túl a sarkkörön. Balról: *Gili László* félig háttal, *Prónay Zsolt*, *Bodoky Tamás*, valamint *Nazim Karajev* és egy munkatársa a leningrádi Rudgeofizika Intézetből

jából a szovjet igények jelentették a legnagyobb perspektívát. Előnyt jelentett, hogy a nemzetközi együttműködésben a moszkvai székhelyű Össz-szövetségi Mérnökgeológiai Intézet (Vszegingeo) vett részt. Műszerünk teljesítőképességét bizonyító módszertani terepi mérésekre alapos felkészülés után 1982-ben a Zsitomír melletti kísérleti területen került sor, és a mérési eredmények alapján megindulhatott az ESS berendezés jelentős darabszámú rendszeres szállítása a Szovjetunió legkülönbözőbb területein működő geofizikai intézmények részére.

Az ESS berendezések hatékonyabb felhasználásának céljából fejlesztettük ki 1984-ben az ESP-1 típusú előfeldolgozó egységet, amely alkalmas volt a terepi szeizmogramok minősítésére, és a kazettás mágnesszalagra rögzített terepi felvételeket átírta  $\frac{1}{2}$ " szélességű orsós mágnesszalagra, 9 sávós szalagformátumban. Ez a megoldás lehetővé tette az átírt anyag közvetlen beadását a végleges feldolgozást végző számítógépbe. A következő években megjelentek az ESS-01 berendezés speciális változatai, így az R11-es számítógéphez illesztett tengeri akusztikus adatgyűjtő és a vertikális szeizmikus szelvényezéshez alkalmazható 8 csatornás kompakt ESS-01-08/VSP műszer. Az ESS műszercsalád az ELGI szeizmikus műszeres tevékenységének egyik legsikeresebb exportcikkévé vált. Az alpműszerből 11 országba 128 darabot értékesítettünk, példányonként átlagosan 1,6 millió Ft-os exportáron. Az ESP adapterből 101 darabot, a speciális felvevő változatokból pedig 47 példányt exportáltunk.

Ebben az időben az ESS műszert rendszeresen kiállítottuk az EAEG évente megrendezett találkozóin. Egyik alkalommal az ELGI kiállítási standján *Gili László*, a mérnökszeizmikus labor vezetője egy világtérképen kis zászlócskákkal megjelölte azokat a helyeket, ahová ESS műszereket szállítottunk. Egyik nyugati látogató felfigyelt ezekre a jelzésekre, és érdeklődött a zászlók jelentéséről. Miután megkapta a felvilágosítást, nyilván meglepte a szokatlanul nagy darabszám, és mivel nem volt tisztában a szocialista országok jövedelmi viszonyaival, megjegyezte: „Akkor maga nagyon gazdag ember lehet”. Tény, hogy a nyugati világban egy geofizikai műszertípus száz feletti darabszáma ritkaságnak számított. A megnövekedett szállításokhoz szükséges gyártókapacitást az ELGI önmagában nem tudta biztosítani, ezért kezdetben főként a Gamma Művek Geofizikai gyáregységével, majd később a Dunakeszi ELGI kezdeményezésre megalakult GEOTRON Kisipari Szövetkezettel kialakított gyártási kooperáció teremtette meg a zökkenőmentes szállítások feltételeit. A fővállalkozás mindvégig – tehát 1991-ig – az ELGI kezében maradt.

A 80-as évek végén még megvalósult az alaptípus továbbfejlesztett ESS-01-24/M jelű változata, amely már csak egyetlen műszeregységből állt, és tartalmazta a pillanatnyi lebegőpontos erősítésszabályozást, ami megkétszerezte a rögzíthető dinamikatartományt. A műszer katódsugárcső helyett LCD-t használt a megjelenítéshez, és 3,5"-os floppy diszkre rögzítette az adatokat, így lehetővé vált a szeizmikus anyag IBM PC-ken való feldolgozása.

Az ESS műszerek kifejlesztését és előállítását kezdetben a *Koch György* vezetése alatt álló munkacsoport végezte, amelyben a részegységek konstrukcióit *Gili László*, *Nagy Zoltán* és *Papp Sándor* dolgozta ki, míg a technikai-műszerész feladatokat *Gereben Ferenc*, *Haász József* és *Németh István* látta el. *Koch György* betegsége miatt 1981-től *Gili László* vette át a laboratórium irányítását. A további fejlesztések és a nagy volumenű szállítások beindulásával a létszám *Ágoston Péter*, *Hadnagy Mihály*, *Horváth Zoltán* és *Nagy Lajos*

villamosmérnökökkel bővült. A számítógéppel vezérelt ESS műszertípusok programrendszerait *Lukácsy József* geofizikus készítette el, külső közreműködőként pedig *Gosztonyi László* és felesége vett részt a szoftveres feladatok megoldásában. A GEOTRON Szövetkezettel kialakított közös munkában *Zsigó László* elnökkel, továbbá *Gelléri Jenő* és *Gelléri László* részlegvezetőkkel alakítottunk ki jó partneri kapcsolatokat.



8-12. ábra. Az ESS-01-24/M típusú mérnökszeizmikus műszer

Sajnos, a szovjet szállítások a 80-as évek végén fokozatosan beszűkültek, és a jól felszerelt szövetkezetet fel kellett oszlatni. A nemzetközi együttműködésben szovjet részről *N. N. Gorjainov* és *P. I. Dik* voltak közvetlen partnereink, akik hasznos tanácsaikkal és segítőkész, baráti magatartásukkal jelentősen hozzájárultak a többéves program sikeréhez. Az Intergeotechnika Koordinációs

Központ részéről a szervezési munkában mindvégig *T. A. Jonasztól* kaptunk határozó támogatást.

A jelentős szénvagyonnal rendelkező országok szénbányászatában a 70-es évek végétől uralkodóvá válnak a bányaművelés intenzív módszerei, amelyek a nagyfokú gépesítéssel járó magas költségek miatt szükségessé teszik a telepviszonyok előzetes feltárását, a meginduló kitermelés biztonsági és gazdasági kockázatának csökkentése céljából. A telepzavarok kimutatására alkalmazott szeizmikus módszerekhez általában a felszíni kutatások digitális műszereinek módosított változatait használják fel, és a méréseket bányavágatokban végzik. A berendezéseket vagy jelentős súly- és méretnövekedéssel járó sújtólégbiztos tokozással látják el, vagy szigorúan előírt mérési feltételek betartása mellett járulékos tokozás nélküli műszerekkel mérnek. A hazai szénbányászatban elsőként a Mecseki Szénbányák Vállalatnál alkalmaznak digitális szeizmikus berendezést, amikor 1982-ben használatba veszik a bányabeli mérésekhez átalakított ESS-01-24 műszert. A módosított kivitt a vágatokban való szállíthatóságot biztosító megerősített tokozás jelentette, a mérések szellőztetett környezetben a levegő metántartalmának állandó ellenőrzése mellett folytak.

A sújtólégbiztos digitális szeizmikus összegző műszertípus létrehozását elsőként a Mecseki Szénbányák Vállalatnál működő kutatócsoport bányamérnöke, *Verbőczy József* szorgalmazta, majd később, 1981-ben a KGST Szénbányászati Állandó Bizottságának kezdeményezésére, a hazai bányászati szervek támogatásával indult meg a fejlesztés. A *Czifra Ferenc* által irányított fejlesztési és műszerépítési munkák a Magyar Szénbányászati Tröszttel kötött szerződés és szovjet–magyar külkereskedelmi szerződés keretében folytak. Az ELGI szakmai együttműködő partnere szovjet részről az Össz-szövetségi Bányászati Kutatóintézet Ukrajnai Filiáléja, magyar részről pedig a Központi Bányászati Fejlesztő Intézet és a Híradástechnikai Szövetkezet volt. Az ESS műszerekkel szerzett tapasztalatok alapján kialakított sújtólégbiztos kivitt az alapegységek (erősítő, mikroprocesszoros központi vezérlő, megjelenítő és mágneskazettás tároló) különleges kiképzésű acélcsöves tokozása, néhány sajátos áramköri megoldás és a kezelőegység gyújtószikramentes kivitte biztosította. A bányában kalapácsos rezgékeltéssel felvett szeizmikus anyag értékelésére az ESS műszerekhez is használt ESP típusú laboratóriumi lejátszó szolgált. A biztonsági előírásoknak való megfeleléshez szükséges vizsgálatok elvégzéséhez és az engedélyeztetési eljárásokhoz a Bányászati Fejlesztő Intézet munkatársai nyújtottak segítséget. Az SSS-I típusjelű 12 csatornás banya-



8-13. ábra. Az SSS-1 típusú sújtólégbiztos szeizmikus mérőműszer

műszer mintapéldánya 1983-ra készült el, a konstrukció ellenőrzőmérései a donyecki szénmedence bányáiban folytak.

A mérési tapasztalatok felhasználásával véglegesített műszertípusból 1983 és 1989 között 16 példány készült el. A berendezésre az Országos Találmányi



8-14. ábra. *Baki György* (jobb szélén ül) és *Bodoky Tamás* (középen áll) egy kínai szénbányában végzett bemutató mérés során

Hivatal 1988-ban szabadalmat adott. Az első néhány készüléket a Gamma Művek Geofizikai Gyáregységében, a további példányokat pedig a Geotron Szövetkezetben gyártották le, a végbemérések az ELGI bányaszeizmikus műszerlaboratóriumában folytak. A tápláláshoz szükséges NiCd-akkumulátorokat a szovjet együttműködő partner biztosította. A SZU-ba kiszállított SSS-I „Druzsba” típusú berendezéseket 11 szénbányában, 2 sóbányában, továbbá két módszertani kutatóintézetben vették használatba. Kínai érdeklődés nyomán 1986-ban, 87-ben és 88-ban külkereskedelmi szerződések keretében az SSS-I berendezéssel módszertani méréseket végeztünk kínai szénbányákban, és az eredmények alapján 2 felvevő és 2 laboratóriumi lejátszó műszert értékesítettünk.

A mérések lebonyolításában és az eszközök átadásában az ELGI részéről *Baki György, Bodoky Tamás, Czifra Ferenc, Gili László, Herczeg László, Hermann László és Scholz Péter* vett részt.

Romániába, a petrozsényi szénbányák részére 1989-ben két berendezést szállítottunk. Hazai szénbányákban az SSS-I műszer alkalmazására az egységek jelentős súlya (30–40 kg) miatt nem került sor, a mérésekhez továbbra is a könnyebben szállítható ESS berendezéseket használták. Említést érdemel, hogy ebben az időben az SSS-I volt a világon az egyetlen sújtólégbiztos digitális szeizmikus összegző műszer. A fejlesztés második fázisa 1988-ban kezdődött, amikor a szovjet partnerintézettel közösen egy nagyobb csatornaszámú (24), kisebb fogyasztású és súlyú korszerűsített változat kialakítását határoztuk el. A közös fejlesztésre vonatkozó szerződés létre is jött, az elfogadott munkaterv néhány feladata 1989-ben még teljesült, azonban a műszerszállítások leállása miatt a további munkák anyagi fedezete megszűnt, és 1991 után a fejlesztőlaboratóriumot fel kellett számolni. A helyzetet súlyosbította, hogy az előzetes igénybejelentésre legyártott utolsó három műszert már nem lehetett értékesíteni.

Az SSS-I berendezés fejlesztési és műszerépítési munkái mindvégig *Czifra Ferenc* vezetésével folytak, a konstrukció kialakításában kezdetben *Németh Sándor és Papp Sándor* vett részt, a végső fázisban pedig *Baksa Ferenc, Bíró Lajos és Péti Endre* a korszerűsített változat programozási feladatait látta el. A Motorola gyártmányú mikroprocesszor alkalmazásához a Híradástechnikai Szövetkezet mérnökei, *Elek Sándor és Huszlicska József* nyújtottak hardveres és szoftveres segítséget. A fejlesztéshez és a műszerépítéshez kapcsolódó technikai-műszerész munkákat *Herczeg László és Németh István* végezte.



A sújtólégbiztos kivitel követelményeinek teljesítéséhez és a tokozások bevizsgálásához a Bányászati Fejlesztő Intézettől *Brunn Győző* és *Hankó János* szakértői közreműködését vettük igénybe. A Magyar Szénbányászati Tröszt, majd jogutódai részéről *Hermesz Miklós* felügyelte a fejlesztés folyamatát. A Mecseki Szénbányák Vállalat kutatócsoportjának mérnökei, *Baranyai Pál*, *Kiss Csaba*, *Szabó Imre*, *Verbőczy József* az ESS műszerek bányabeli próbaméréseinek tervezését és lebonyolítását irányították, *Zsarkó László* pedig az észlelői feladatokat látta el. A donyeycki kutatóintézettel kialakított együttműködésben a közös munkák koordinálását kezdettől fogva *Ju. G. Mjasznyikov* bányamérnök végezte, a fejlesztésben és a berendezések kipróbálásában, majd üzembe állításában fontosabb partnereink az ukrainai intézet munkatársai, *A. V. Anciforov*, *A. V. Cvirkun*, *G. A. Csernomordik*, *E. G. Kogan*, *A. A. Szafin* és *I. A. Szavin* voltak. Az ESS és SSS műszerek fejlesztésének nemzetközi együttműködéséhez, továbbá a külföldi üzembe helyezésekhez, mérésekhez és garanciális javításokhoz szükséges kiutazások tolmácsaiként az ELGI részéről *Tóth Lajos*, külső munkatársként pedig *Jancsecz Antal* és a kínai *Chang Ling-Aj* nyújtottak hasznos segítséget.

#### 8.1.1.4. Szeimikus műszerfejlesztés 1990-től 1993-ig

1990 januárjától a Műszerosztály három részre oszlott, a telemetrikus berendezés és az azzal kapcsolatos eszközök fejlesztése *Szép Ferenc* irányításával, a mérnökszeizmikus műszerek fejlesztése és gyártása *Gili László* vezetésével folyt tovább, a harmadik egység pedig *Komjáthy József* mobil, konténerekbe szerelt szeizmikus feldolgozócentrumokat fejlesztő és gyártó osztálya lett, amely egyben az ELGI GEODOT nevű leányvállalatát is felügyelte, amely a szeizmikus plotterek gyártására alakult meg a 80-as évek végén.

1989 után a Szovjetunió és az érdekszférája alá tartozó kelet-európai országok gazdasági elkülönülésének megszűntével és piacaiknak a fejlett nyugati országok irányába történő megnyitásával eltűnt az intézeti fejlesztésű műszerek vevőköre. Így 1991-ben az ekkor már *Bodoky Tamás* által vezetett Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály *Komjáthy József* osztályának felszámolására kényszerült, mert a kizárólag szovjet megrendelésre dolgozó osztály megrendelői nem fizettek, és felhalmozódó adósságállománya már a Főosztály stabilitását veszélyeztette. Megjegyezzük, hogy intézeti szinten ugyanekkor ugyanilyen kényszerítő okokból került sor a Szerkesztés és a Finommechanikai Műhely felszámolására is. A telemetrikus fejlesztést ekkor új vezetője, *Szép Ferenc* még megmentette a berendezés elkészült részeinek bányabiztonsági rendszerré történő alakításával és ekként történő forgalmazásával.



8-15. ábra. A könnyen hordozható, sokoldalú ESS-03-24 mérnökszeizmikus berendezés terepen

A mérnökszeizmikus műszerfejlesztés 1990 után is folytatódott, ekkor azonban a műszerexport piaci háttérének beszűkülése miatt a lényegesen kisebb ráfordítással végzett tevékenység az eddigieknél nagyobb súllyal szolgálta az ELGI saját igényeinek kielégítését. A *Gili László* által irányított munka eredményeként 1990-ben elkészült az alapvetően új elvek szerint kialakított ESS-03-24 típusú korszerű mérnökszeizmikus berendezés. Ez a berendezés két alapegységre, a hordozható számítógépre és a sokoldalúan felhasználható szeizmikus adatgyűjtőre különült el. A műszerhez a *Lukácsy József* által kidolgozott rendszerszoftver biztosította a beállítás, ellenőrzés, adatrögzítés, adatátvitel és analízis funkcióinak ellátását. Ebből a típusból a következő évek folyamán 7 példányt adott el az Intézet elsősorban hazai piacon, de talán nem is ez volt a típus legfontosabb szerepe, hanem az, hogy a gyorsan fejlődő intézeti sekélygeofizikai kutatások alapműszerévé vált.

#### 8.1.1.5. Szeizmikus műszerfejlesztés 1993 után

A nagyarányú létszámleépítéssel járó 1993 végi átszervezés következtében az Intézet korábbi szervezeti felépítése célszerűtlenné és alkalmatlanná vált, így 1994 folyamán az új feladatoknak megfelelő új szervezet alakult ki. Ez az átalakulás a szeizmikus műszerfejlesztésből egyedül a közben főkonstruktórré kinevezett



Gili László műszerlaboratóriumát hagyta meg Tímár Zoltán Geofizikai Mérési Főosztályának keretein belül. A laboratórium az évezred utolsó évtizedében a számítógépes felépítése miatt rugalmasan alakítható ESS-03-24 műszer különböző változatainak fejlesztésével és gyártásával foglalkozott. Példaként említhető, hogy elsősorban a Mérnökgeofizikai Főosztály igényeit kielégítendő céllal megvalósította a műszer egy kis csatornaszámmal folytonos regisztrálásra is alkalmas változatát.

1998-ra elkészült az ESS műszer család negyedik generációja, az ESS-04-48. Ennek az újszerűségét a 24 bites Delta-Sigma AD konverterek alkalmazása és 48 csatornás kiépítése jelentette. A továbbiakban elkészült ennek a típusnak egy kimondottan VSP mérésekre szánt változata és a műszer 96 csatornás „stacking” terítésekre alkalmas kiépítése is. Ebből a típusból összesen három példány készült, egy az Intézet saját használatára, kettő pedig eladásra került. Ezt a fejlesztést egyébként financiálisan a magyar kőolajipari geofizika (GES Kft.) megrendelése tette lehetővé. Ez ideig az ESS fejlesztések utolsó lépése 2004-ben egy új Ethernet alapú csatoló és a Windows alapú vezérlőprogram kifejlesztése volt.



8-16. ábra. Osztrák–magyar kísérleti sekélyszeizmikus mérések az ESS-04-48 műszerrel és egy svéd gyártmányú berendezéssel

Meg kell említeni az ESS műszercsalád 3. és 4. generációjával kapcsolatban *Lukácsy József* geofizikus szerepét, ő készítette a vezérlőprogramokat ezekhez a műszerekhez.

A szeizmikus műszerfejlesztésben a váltást az ezredforduló nagy nemzetközi litoszférakutató programjai hozták. Ezek során jelent meg az igény egy, a korábbiaktól teljesen eltérő műszer típus, az ún. „szeizmikus állomások” iránt. Ezek az állomások aktív vagy passzív hullámforrású szeizmikus mérésekre szánt, 1 vagy 3 csatornás (komponenses) autonóm adatgyűjtő berendezések, amelyek programozható módon hosszú idejű automatikus adatgyűjtésre és -tárolásra alkalmasak. Az adatokat vagy utólag, vagy bizonyos időközönként telefonon olvassák ki belőlük. Az állomások belső órájának éppen a hosszú autonóm üzemidők miatt rendkívüli pontossági követelményeknek kell eleget tennie, és a műszernek mind időszinkronitásának a folyamatos biztosítását, mind földrajzi koordinátáinak GPS rendszerrel történő meghatározását magának kell ellátnia.

Az új műszerrel – melynek hivatalos típusneve még ekkor nem volt (a kollegák „Giligraph”-nak becézték, később pedig az ELGI-DAS nevet kapta) – az első terepi kísérleteket 2004-ben az DANUBE 2004 program mérései során végez-



8-17. ábra. *Gili László* az autonóm szeizmikus adatgyűjtők szerelése közben. Kezében egy szétszedett, a telefon mögött pedig egy komplett példánya látható az új eszköznek

tek. 2005-ben pedig már 15 példány dolgozott ezekből a fent említett program mecseki mérésein. Az év folyamán már külföldre is került belőlük, 3 műszer a Spitzbergákon, 15 Horvátországban, illetve 4 Lengyelországban mért különböző nemzetközi tudományos programok keretében.

### **8.1.2. Szeizmikus módszerfejlesztés**

*Bodoky Tamás*

#### **8.1.2.1. A szeizmikus módszerfejlesztés szervezete**

A szeizmikus módszertani fejlesztőmunka nem kötődött külön szervezeti egységhez a Szeizmikus Osztályon, illetve később a Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztályon belül, ez a tevékenység mindig szorosan kapcsolódott a földtani célú szeizmikus kutatásokhoz és azok részeként folyt. Tekintve a földtani feladatok sokrétűségét – ezek a mérnöki feladatok néhány méteres mélységétől a nagy nemzetközi földkéregkutatások több tíz kilométeres mélységéig terjedtek – az Intézetben nem voltak előre meghatározott és kötelezően előírt módszertani megoldások, illetve mérési paraméterek. Az egyes kutatási témák felelőseinek minden egyes feladathoz részben elméleti megfontolások, részben kísérleti mérések segítségével maguknak kellett meghatározniuk ezeket.

A kutatások szervezése is alapvetően eltért az ipari gyakorlattól. Az ipari kutatások célját és jellegét tekintve sokkal egységesebb feladatot ellátó szeizmikus méréseknél különálló és arra specializálódott szervezeti egységek végezték a terepi adatgyűjtést, az adatfeldolgozást és az eredmények földtani értelmezését. Ezzel szemben az Intézetben ez egyetlen témafelelős kezében összpontosult, aki általában már a feladat megfogalmazásától, vagy külső megbízás esetén a szerződéskötéstől kezdve a jelentés kiadásáig mindenért felelős volt, és általában mindent személyesen irányított, illetve felügyelt. Ez a rendszer széles látókörű, átfogó tudású és mind a gyakorlatot, mind az elméletet egyaránt jól ismerő kutatók sorát nevelte ki. Nem véletlen, hogy az 1989–90-es politikai változások után a Geofizikai Intézetből kirajzó szakemberek a kőolajiparban nemcsak Magyarországon, de világszerte is komoly beosztásokba kerülhettek.

#### **8.1.2.2. A szeizmikus refrakciós mérések módszertana**

A szeizmikus mérési módszerek közül először a refrakciós szeizmikus mérések jelentek meg, és hosszú időn át meghatározó szerepet játszottak. A hatvanas

évek közepére azonban elsősorban a szeizmikus műszerfejlesztés eredményeinek köszönhetően egyre inkább háttérbe szorulnak a lényegesen több információt szolgáltató reflexiós mérések mellett. Ez persze nem jelentette a refrakciós mérések eltűnését, hiszen mind a földkéregkutatások, mind sekély kutatási mélységek esetében még sokáig rendszeresen alkalmazták, az ezredfordulóra azonban már csak a mérnökszeizmikus kutatások eszköztárában találjuk meg ezeket.

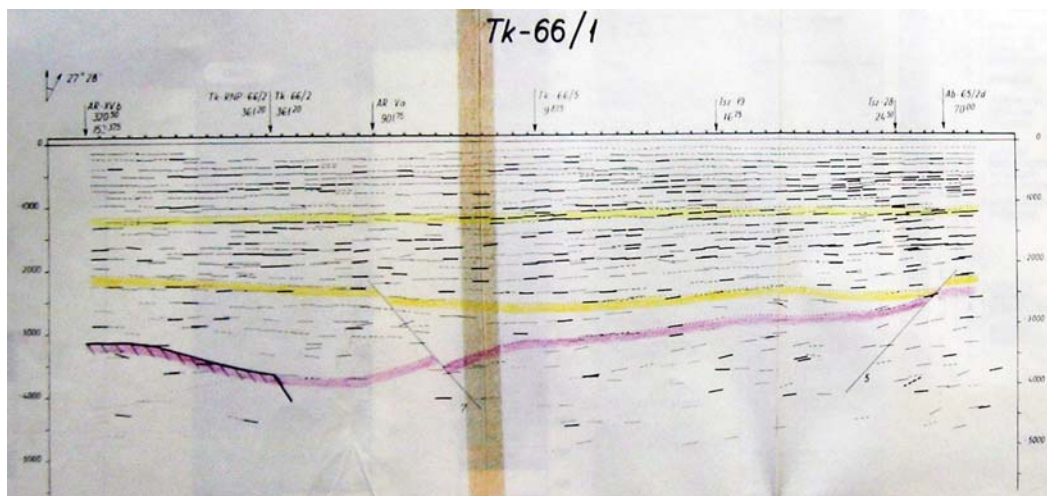
A refrakciós mérések kiértékelése terén az ezredforduló után *Szalay István*nak volt még egy jelentős munkája, amikor az 1965–67-es években refrakciós módszerrel mért kéregkutató szelvényeket az „új generációs” szeizmika sugárkövetéses tomográfiás eljárásával dolgozta fel újra. A feldolgozások kitűnő eredménye bebizonyította a korai refrakciós mérések adatainak megbízhatóságát, és növelte a korszerű kéregkutató vonalak hálózatának sűrűségét.

#### **8.1.2.3. A szeizmikus reflexiós módszertan fejlődése 1964-től 1970-ig**

A szeizmikus reflexiós mérések módszertana mindig is nagyon nagy mértékben függött a rendelkezésre álló mérőeszközöktől. 1965-ben az Intézetben már rutinszerűen működött a reflexiós mérésekre szánt magnetofonos regisztrálósú műszerek első kísérleti példánya, az FM-20. Az eszköz magnetofonszalagot forgató dobjának forgási sebessége még nem volt elég stabil, és így többszörös fedésű mérésekre még alkalmatlan volt, nagyobb felbontóképessége és utólagos szűrési lehetősége révén azonban alapvetően új lehetőségeket jelentett a korábbi fotoregisztrációs műszerekhez képest.

Az FM-20 berendezéssel 1963-ban Kisújszállás és Szolnok között mért első kísérleti szelvényben értelmezett *Kilényi Éva* először vetőket és ún. „keresztrétegzettség”-et a pannoniai összletben. Ez amikor a pannoniai vetőket szinte dogmatikusan tagadták és a szeizmikus sztratigráfiában fontos szerepet játszó delta üledékekről itthon még senki sem hallott, döntően új felismerés volt. Az olajipari szakemberek még 1964-ben is „Kilényi szuperhihetetlen vetői”-ről beszéltek.

Az FM-20 műszer Ács-Stegena-rendszerű geofonokkal volt felszerelve, sajnos nem túl sokkal, éppen csak annyival, hogy a vonal menti folyamatos korrelációhoz szükséges félterítésenkénti előrelépés biztosítható legyen csatornánként egy geofon alkalmazása esetén. A lövési rendszer ugyancsak a kiértékelésre és értelmezésre való tekintettel szigorúan középlövéses volt. A reflexiós felületele-



8-18. ábra. Sugárdiagrammot alkalmazó kézi szerkesztéssel készült szelvény (Tiszakécske, 1966)

mek szerkesztése ugyanis 1964-től már a korábban szokásos rúdkörzős, vonalzós megoldás helyett a terület átlagos sebességfüggvényének segítségével előre kiszámított és megrajzolt sugárdiagrammal történt. A sugárdiagramot pedig erre a lövési rendszerre volt a legegyszerűbb számítani, és a sebességhibákból adódó szerkesztési hibák is ebben a rendszerben voltak a legkisebbek. Ez a szerkesztési eljárás természetesen nem tudta a lokális sebességváltozásokat figyelembe venni, de az így szerkesztett szelvények már sokkal több információt tartalmaztak, és sokkal inkább hasonlítottak a későbbi idő-, ill. mélységszelvényekre, mint a fotóregisztrációs korszak szelvényei.

A hatvanas évek közepén a műszeres feltételek tehát nem adtak túl sok módszertani variációra lehetőséget, inkább csak a szakirodalom és az elméleti lehetőségek vizsgálata folyt. 1965-ben például a vonal menti és térbeli csoportosítások átviteli függvényeinek számításába fektettünk elég sok energiát. Erre kísérleti célú mérések is történtek, de miután a rendelkezésre álló geofonok száma csak néhány élő csatornát tett lehetővé, ezek a kísérletek nem sokat hoztak. Az elméleti eredményeket az 1965-ös budapesti szimpóziumon mutattuk be és a *Magyar Geofizikában* is publikáltuk.

A csoportosítások vonalán az áttörést 1966 jelentette. Ekkor az Intézet olyan nagy számú, lengyel gyártmányú, kisméretű, 10 Hz-es önfrekvenciájú,

modern geofont szerzett be, hogy az előreterítést is figyelembe véve már 5-ös csoportosításokban lehetett gondolkodni. Ez óriási lépés volt a felszíni zavarhullámok elleni küzdelemben. Sokszor megtörtént ugyanis, hogy a frekvencia alapon is elkülöníthető zavarhullámokat utólag kiszűrve a helyükön üres csatornaszakaszok maradtak, mert még a magnetofonos regisztrálású műszer dinamika-tartománya sem volt elég tág a hasznos jelek és a zavarhullámok közötti energia-különbségek átfogására. (Később, a 70-es évek első felében ezeket a geofonokat váltották ki a sokkal megbízhatóbb, amerikai licenc alapján gyártott, csehszlovák GSC geofonok.)

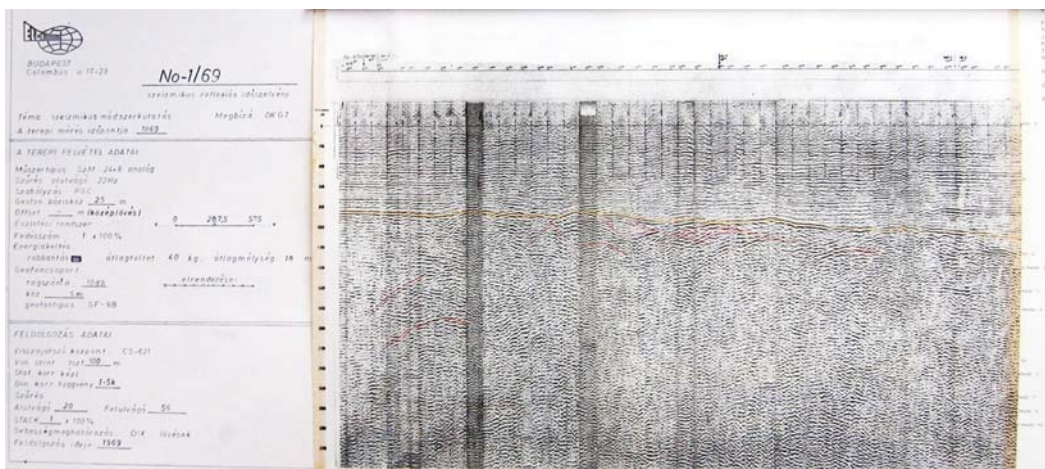
Forrásponti csoportosításról azonban még sokáig nem lehetett szó, mert a selejtezésre megérett fúrógéppark enélkül is a szeizmikus terepi csoportok teljesítményének szűk keresztmetszetét jelentette. 1966-ban például az I/1-es szeizmikus csoport 3 fúrógépéből éves szinten csak 1,47 működött. Az elavult és nem terepjáró Csepel hordozójárművekre szerelt fúrógépek lecserélésére csak évek múlva, 1970 körül került sor, amikor terepjáró ZIL gépkocsikra szerelt, nagyobb teljesítményű szovjet ULB fúrókat kaptak a csoportok.

Azért ezek az évek sem maradtak módszertani kísérletek nélkül. 1968-ban *Szeidovitz Győző* műszeres és *Alabu István* kiértékelői közreműködésével egy akkor újnak és érdekesnek látszó szovjet módszerrel, az RNP módszerrel végeztünk kísérletet. Az RNP módszer analóg műszeres közelítése volt a többcsatornás, látszólagos sebesség szerinti szűrésnek, az egyes szintek helyét a beérkezési idejük és dőlésük adta meg. A mérésekhez többszörös fedést és keresztterítéseket (az oldalbeérkezések felismerésére) ajánlottak. A kísérleti mérések sok tanulsággal jártak, de maga az eljárás megkésett, mert a digitális korszak előestéjén a sokkal nehezkesebb analóg adatfeldolgozó eszközök kora már lejárt.

Az új SZM-24+6 típusú, saját fejlesztésű, magnetofonos regisztrálású műszerek terepre kerülésével újabb lépésekre nyílt lehetőség. Ennek a műszernek a dobsebessége már stabilizálható volt, és így felvételei statikusan és dinamikusán korrigálva már egymás mellé tehetők voltak, vagyis lehetővé vált a kézi szerkesztésű eredményszelvények időszelvényekkel történő helyettesítése. Az első időszelvényeink az OKGT SzKÜ francia gyártmányú, Cercel analóg feldolgozó központján készültek.

A Cercel analóg feldolgozó központ – ha bizonyos megszorításokkal is – már összegszelvények készítésére is képes volt. Ez jelentette a terepi módszertan terén a következő nagy lépést. *Sédy Jutka* (*Sédy Lorándné*) geofon és kábelkarbantartó műhelyében elkészültek az első „stacking” kábelek, és 1969-ben a





8-19. ábra. A kőolajipar Cercel központján feldolgozott magnetofonos (SZM-24+6) regisztrálású szelvény (Nyírség, 1969)

Nyírásgalán mérte az Intézet első többszörös fedésű, kísérleti szeizmikus reflexiós szelvényét. Természetesen ezt a lépést is komoly szakirodalmi és elméleti előkészítés előzte meg. A következő években cikkek sorát publikálták az intézeti kutatók a többszörös fedésű, szeizmikus reflexiós mérések módszertanáról.

Az Intézet a szeizmikus adatfeldolgozás analóg szakaszában egy rövid ideig külső segítségre szorult, mert analóg centrumot sem nem fejlesztett, sem nem vett, ezt a lépcsőfokot átugrotta. A Szeizmikus Osztályon – bár ekkor az Intézetnek még nincsen sem számítógépe, sem digitálisan regisztráló műszere – már 1966 körül megindult a szeizmikus digitális adatfeldolgozás fejlesztése, illetve előkészítése. A fejlesztőcsoport, amelyet egy fiatal matematikus, *Korvin Gábor* irányított, eleinte csak néhány kutatóból állt, és külső gépen, a Honvédség hűvösvölgyi számítógépközpontjának MINSZK-2 típusú számítógépén dolgozott. Munkájuk eredményeképpen DSzK (Digitális Szeizmikus Kiértékelés) néven 1969-re összeállt egy igen egyszerű számítógépes szeizmikus adatfeldolgozó műveletsor, azonban már ez az egyszerű feldolgozó csomag is határozottan többre volt képes, mint az analóg centrum. Megfelelő számítógép és digitálisan rögzített felvételek hiányában ezt ekkor még csak különböző számított anyagokon tudták kipróbálni. Az első kísérleti feldolgozásra valós mérési anyagon (a nyírségi No-8a/69 hatszoros fedésű magnósan regisztrált vonal digitalizált változata) 1970-ben kerül sor, még mindig a MINSZK-2 gépen.

Az adatfeldolgozás fejlesztésével párhuzamosan folyt a digitális adatfeldolgozás eszközháttérének megteremtése is. Ez a magnós felvételek digitalizálását, a feldolgozás folyamán különböző célfeladatokat (pl. sztatikus és dinamikus korrekció) ellátó és az eredmények megjelenítését szolgáló céleszköz – „mini-centrum” néven – szintén 1970-re született meg (lásd 9.1 fejezet).

1970 egyébként az Intézet életében a nagy ugrás éve. Elkészült az új székház, és megérkeztek az Intézet saját MINSZK-32 gépre alapozott számítógépközpontjának egységei. Megindult a számítógépközpont üzembeállítása, és a következő évben, 1971-ben, a közben folyamatosan továbbfejlesztett DSzK programcsomaggal már teljesen digitálisan folyt a szeizmikus adatfeldolgozás.

Ez a rövid néhány év tehát igen dinamikus fejlődést hozott, az Intézet saját erejéből felzárkózott a nagyvilághoz. Ez a felzárkózás – mint említettem – az olajipari geofizikában nyugati beszerzések révén valósult meg.

#### **8.1.2.4. A szeizmikus reflexiós módszertan fejlődése 1971-től**

A következő évtized módszertani szempontból elsősorban a szeizmikus forrásokra összpontosított. Bár a fúrógéppark is megújult, a robbantópont-csoportosítás továbbra sem látszott gazdaságos megoldásnak. A robbanóanyag használata ugyanakkor a nagyvilágban mind környezetvédelmi, mind biztonsági okokból egyre nehezebben elfogadtatható, ezért szaporodnak, illetve gyorsan fejlődnek az ún. felszíni rengéskeltők. A legtöbb felszíni rengéskeltő energiája azonban kicsi, és így a felvételek többszörös regisztrálására és terepen történő összegzésére (ún. „vertikális stack”-re) van szükség alkalmazásukhoz, amire a magnós regisztráló műszerek még alkalmatlanok.

Az Intézetben az első alternatív hullámforrásként a robbanózsínórral tettünk kísérletet. Az ún. „Geoflex” rendszerben a robbanózsínórt hosszan, a csoportosítások elve szerint számított hosszúságban beszántották egy erre készített célekével a talajba, 40–60 cm mélyre. A kísérlet 1971-ben Sárvár mellett történt, ahol a kőolajkutatók során véletlenül felfedezett mélységi termálvíz feltárását és hasznosítását készítette elő ez a mérés. A mérés sikeres volt, eredményeként Sárváron termálfürdő épülhetett, de a kísérlet során az is világossá vált, hogy ez a módszer olyan kultúrterületen, mint Magyarország csak igen nehézkesen és sok kár okozásával használható, így a későbbiek során nem alkalmaztunk robbanózsínórt.

Hasonló kísérlet volt később a szovjet propán-bután gázzal dolgozó, GSzK-10 felszíni rengéskeltő berendezés hazai kipróbálása. Ennek az energialeadása





8-20. ábra. Kísérleti mérések a szovjet GSZK-10 felszíni rengéskeltő berendezéssel a Nagyalföldön

kiváló volt, de mégsem felelt meg az intézeti kívánalmaknak, mert rendkívül nagy gázigényét nehéz volt biztosítani, és nagy méretei miatt rutinszerűen csak síkvidéken lehetett volna használni.

Az 1970-es évek első fele a digitális regisztráló műszerek terepi megjelenésének jegyében telt. Az első intézeti digitális regisztráló műszer, *Németh Géza* SDT-1 műszere 1970-ben már több hónapot dolgozott terepen kísérleti üzemben, 1971-ben, pedig már rutinszerű munkát végzett a nagyalföldi kutatásokban. Két év múlva jelenik meg a terepen az SDT-2 berendezés 1972-ben kísérleti üzemben, majd 1973-tól rutinszerű alkalmazásban dolgozik a hegyvidéki kutatásokban. Újabb két esztendő múlva követi idősebb társait az intézeti műszerfejlesztések egyik legsikeresebb típusa, az SD-10 berendezés. Ez a típus az évtized második felére leváltja elődeit és intézeti alpműszerként szerepel, továbbfejlesztett változatait egészen 1989-ig használtuk.

A terepi módszertan fejlődésének következő fontos állomása a VIBROSEIS licenc és az ehhez tartozó eszközök, a vibrátorok és a regisztráló berendezés megvásárlása az Amerikai Egyesült Államokból. Ezzel a lépéssel az ELGI az egész keleti blokkban elsőként vezeti be a kor legkorszerűbbnek tekintett és az évezred végére teljesen egyeduralkodóvá vált szeizmikus kutató eljárását.

A VIBROSEIS beszerzéssel kapcsolatban ki kell emeljük *Ádám Oszkár*nak, a KFH kutatási főosztályvezetőjének, *Müller Pál* igazgatónak és *Posgay Károly* szeizmikus főosztályveze-

tőnek a szerepét. Elszánt akaratuk teremtetten elő ennek az akkor hihetetlenül nagy nak látszó beruházásnak a fedezetét. Igaz, hogy végül a regisztráló műszer adatgyűjtő részét nem sikerült megvenni, de *Németh Géza* hat hét alatt elvégezte a magyar SD-10 műszer illesztését a Texas Instruments CFS-1 vezérlő számítógépéhez. Ezt az illesztést az amerikai szakemberek lehetetlennek tartották, és sikeres megoldása nagyon megnövelte szemükben az Intézet tekintélyét.

A Birdwagen hordozójárműre szerelt Failing vibrátorok – négy fehér monstrum – 1975 októberében érkeztek meg a soroksári teherpályaudvarra.

Megérkezésüket egy 5 hónapos amerikai tréning előzte meg, amelyen *Bodoky Tamás* és *Cziffra Ferenc* geofizikus, *Németh Géza* elektromérnök és egymást váltva *Erőss Sándor* gépészmérnök, illetve *Kis Ferenc* programozómatematikus vettek részt.

Még ebben az évben elindultak az első terepi vibroseis mérések és a következő évben már teljesen rutinszerűen folytak.

A VIBROSEIS csoport gyors és sikeres munkába állítása elsősorban az „amerikások” valamint *György Lajos* és *Jánvári János* érdeme volt, de ott volt mögöttük az Intézet teljes vezetése és más témákon dolgozó kollégáik segítőkészsége is. Külön elismerést érdemel az a kiemelt figyelem, ahogy a Műszaki Osztály és vezetője *Ágai György* az ezzel kapcsolatos feladatokat kezelte.



8-21. ábra. Vibroseis mérés a Nagyalföldön

Az elsősorban kőolajipari kutatásokra kifejlesztett vibroszeiz eljárás bevezetése a következő években tág teret nyitott a módszertani kutatásoknak, hiszen az Intézet jellegének megfelelően nem elsősorban erre a célra kívánta felhasználni új eszközeit. Tesztelték az eljárás alkalmazhatóságát közepes és kis mélységű kutatásokra, elsősorban szénkutatásra. Erre jelentősebb példaként említhetők a Zsámbék, illetve a Máza környéki mérések. Vizsgálták a módszer hatékonyságát hegyvidéki kibúvásos területeken, például a Bükk-fennsíkon. Mérések történtek természetvédelmi területeken, illetve nagyobb városok, mint például Debrecen belterületén. Eredményes kísérletekre került sor a hortobágyi szeizmikusan néma zóna megszólaltatására és végül, de nem utolsó sorban, fontos módszertani kísérletek folytak a rendszer tényleges működésével kapcsolatban is. Ez utóbbiaknak eredményeképpen világviszonylatban is elsőként publikálták a vibrátor–talaj rezgőrendszer átviteli tulajdonságait (Bodoky et al. 1979).

Az észak-amerikai litoszférakutatások során több ezer kilométer mélyszeizmikus szelvényt mértek le vibroszeiz technikával, és ezek alapján kimondták, hogy a Mohorovičić-diszkontinuitás alól reflexiók nem kaphatók. Ez ellentétben állt a robbantásos rengéskeltéssel végzett intézeti mérések asztenoszféra reflexióinak tényével. *Posgay Károly*



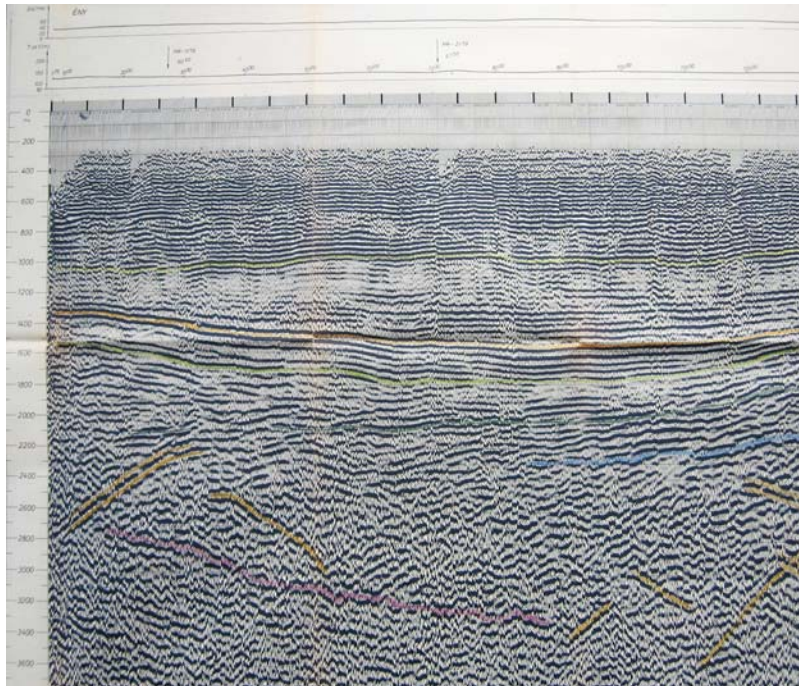
8-22. ábra. Vibroszeiz mérések az Ausztriában, az Alpokban

ismerte fel, hogy az amerikai szelvényekből, a vibrátor–talaj rezgőrendszer alulvágó jellege miatt hiányoztak azok a kisméretű spektrumösszetevők, amelyekkel az asztenoszférából is választ lehet kapni.

Ugyanakkor, nemcsak lehetővé tette, de a vibrátoros rengéskeltés meg is követte a forrásponti csoportosítást is. Így most a vertikális összegzéssel is kiegészített csoportosítások vizsgálata ismét aktuális témává vált.

A terepi technika fejlődésével párhuzamosan a szeizmikus adatfeldolgozás is gyors ütemben fejlődött, kezdetben a MINSZK-32-re, majd később az R-36-ra alapozva.

Az ipari jellegű mérések fejlődésével párhuzamosan számos más jellegű módszertani kísérletre, illetve fejlesztésre is sor került. Ilyenek voltak például a nagyfrekvenciás (nagy felbontású) mérésekkel végzett kísérletek (pl. a paksi vértökutató), vagy a nyíróhullámokkal történő mérések (pl. Sűrűségében).

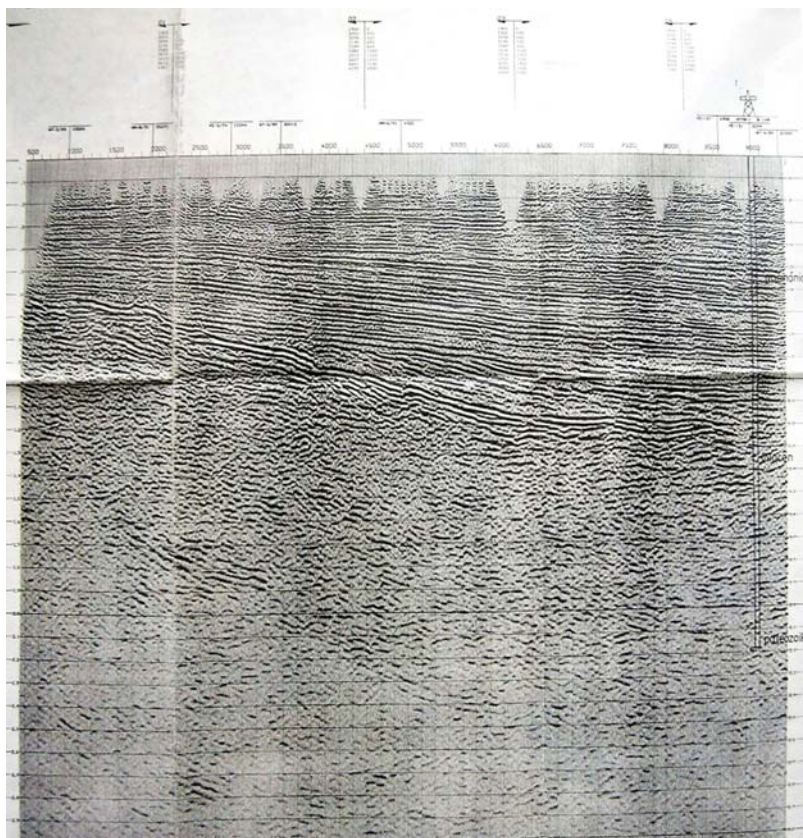


8-23. ábra. A MINSZK-32 számítógépen feldolgozott 12-szeres fedésű szelvény (Dél-Dunántúl, 1979)

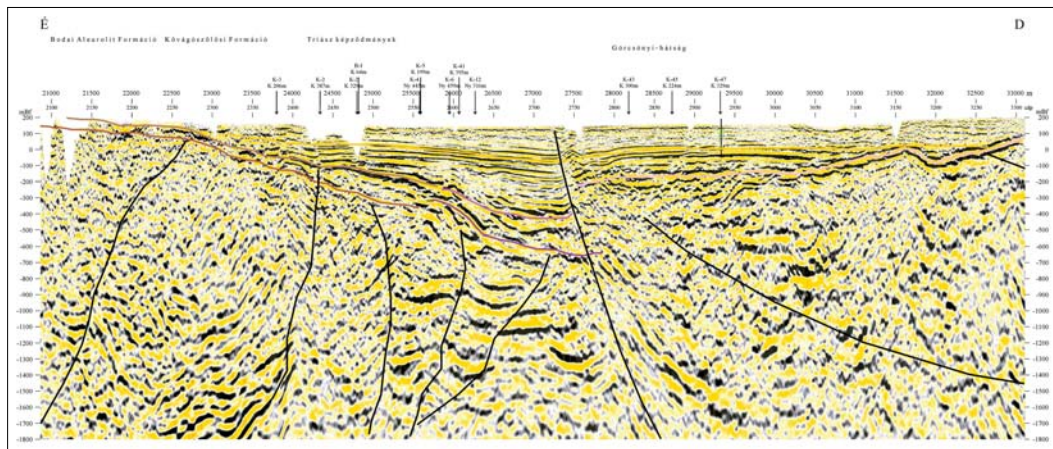


#### 8.1.2.5. A szeizmikus reflexiós módszertani fejlesztések sorsa 1990 után

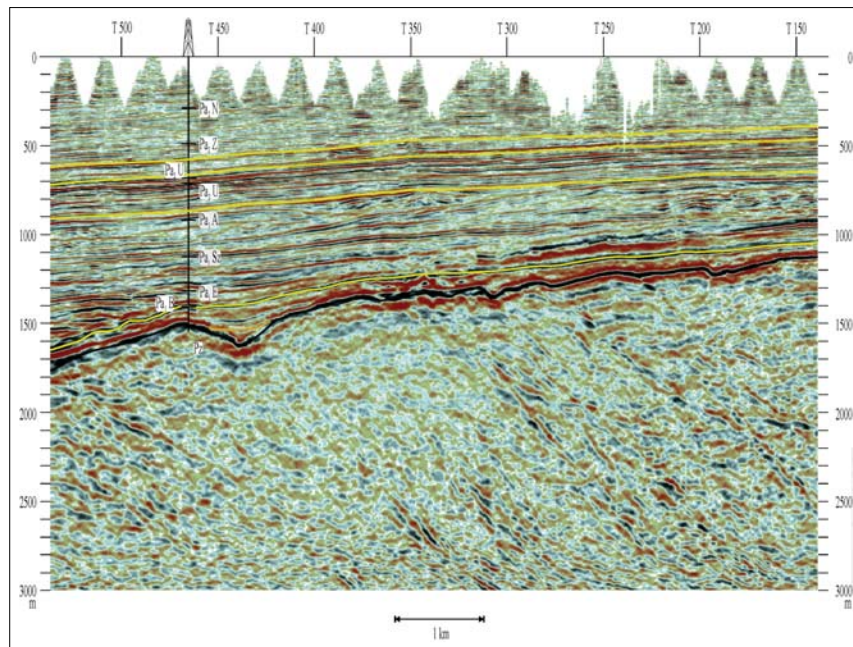
Módszertani továbblépésként a szeizmikus kutatások terén ezután az ún. 3D vagy térbeli mérések bevezetése következett volna. Magyarországon az első ilyen mérést az ELGI végezte Zsámbékon, az eocén program keretében. Eltekintve azonban néhány további kísérleti méréstől, ezt a lépést az intézeti szeizmika már nem tudta teljesen megvalósítani. A rutinszerű, nagyobb térbeli mérésekhez olyan nagy költségű és nagy csatornaszámú (több ezer csatornás) műszerekre lett volna szükség, amelyeket az intézeti keretek között sem előállítani



8-24. ábra. Az IBM gépen OKGT rendelésre újrafeldolgozott 32-szeres fedésű szelvény (1991)



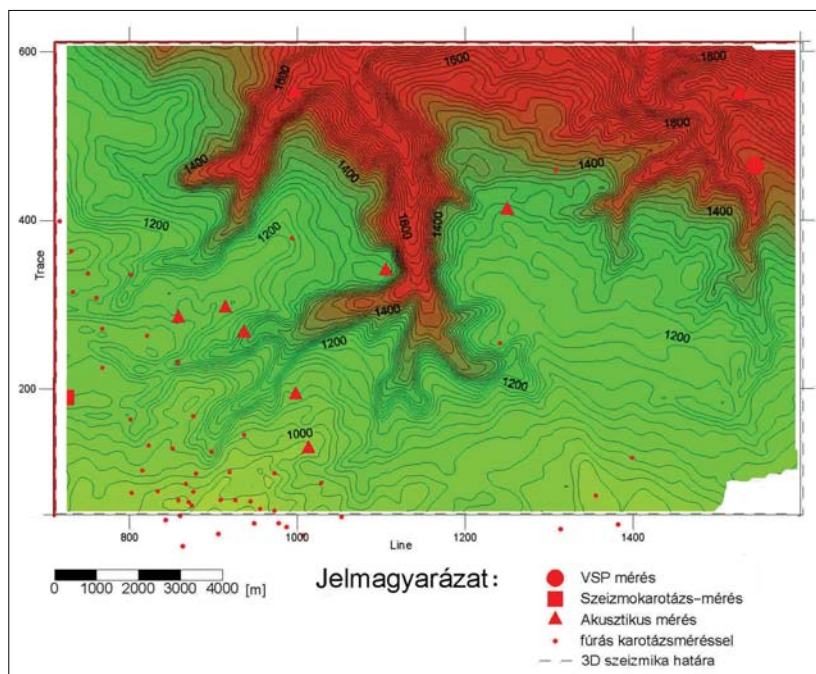
8-25. ábra. A SUN mukaállomáson feldolgozott szeizmikus szelvény (Mecsek, 2001)



8-26. ábra. Szeizmikus szelvényrészlet a LandMark programrendszerrel értelmezve (Dél-Dunántúl, 2008)

vagy megszerezni, sem rentábilisan működtetni nem lehetett. Azonkívül ezekre a fejlesztésekre éppen a rendszerváltás éveitől kezdve, illetve azt követően kellett volna sort keríteni, amikor az ilyen erőfeszítéseknek a lehetősége már nagyon korlátozottá vált.

A szeizmikus adatfeldolgozás azonban még legalább egy évtizedig gyorsan fejlődött tovább először egy IBM gépre, később a kutatói szobákban felállítható SUN munkaállomásokra alapozva és a PROMAX szeizmikus feldolgozó, illetve a LandMark szeizmikus értelmező programrendszerre (Scholtz Péternek és Kónya Albertnek köszönhetően, akik ezeket a programcsomagokat megszerezték). Így az Intézet képes volt esetenként 3D mérések anyagainak feldolgozását és értelmezését is vállalni (ezek általában korábbi anyagok ismételt feldolgozásai és értelmezései voltak). A Promax és LandMark rendszereken végzett korszerű szeizmikus 2D és 3D értelmezések elsősorban Redlerné Tátrai Mariann és Gúthy Tibor nevéhez fűződnek.



8-27. ábra. Földtani szint a LandMark programrendszerrel 3D szeizmikus mérési anyag feldolgozásával térképezve (2009)



A gyakorlathoz kapcsolódó elméleti kutatások is tovább folytak, jelentős voltak például *ifj. Takács Ernő*nek az AVO jelenséggel (reflexiós beérkezések amplitúdójának robbantóponti távolságfüggése) kapcsolatos kutatásai. *Takács* az AVO jelenséget és annak gyakorlati szerepét nagy mélységet átfogó tartományban, a sekély kutatásoktól (vízbázisba átfejtődött földgáz) a kéregkutatásokig vizsgálta. Ugyancsak itt kell megemlíteni még *Scholtz Péter*nek a vibrojelekkel és a többforrásos szimultán jelgerjesztéssel egy általa vezetett nemzetközi pályázat keretében foglalkozó sikeres kutatásait.

Az ezredforduló táján az intézeti szeizmikus fejlesztések iránya mind a műszerfejlesztés, mind a módszerfejlesztés terén elvált az ipari nyersanyagkutató szeizmika fejlődésének a irányvonalától. Mint azt a szeizmikus műszerfejlesztésnél is említettük, az ezredfordulóra már az „okos” autonóm szeizmikus eszközök és az ezekkel végezhető terepi munkák módszertanának fejlesztése került előtérbe. Ezeknek eredményeként az intézeti szeizmika egyrészt – ha nem is ipari méretekben – továbbra is képes maradt szeizmikus mérések végrehajtására (pl. bajai vízkutatás, mecseki mérés), másrészt az ezredforduló éveiben és azt követően széles nemzetközi együttműködésben, jelentős tudományos eredményeket volt képes felmutatni a litoszféra- és a nagyszerkezeti kutatások terén, de ezek az utóbbiak már nem ebbe a fejezetbe tartoznak.

## Irodalom

- Bagaini C., Meunier J., Pecholcs P., Sallas J., Scholtz P. (2009, June): Highlights of the EAGE 2008 Vibroseis Workshop. In: 71st EAGE Conference & Exhibition – Workshops and Fieldtrips
- Bodoky T., Meskó A., Polcz I. (1967): Néhány egyszerű kétdimenziós geofon-csoport vizsgálata. Magyar Geofizika 8, 111–115
- Bodoky T. (1969): A szeizmikus módszer alkalmazási módjai és néhány aktuális problémája. Földtani Kutatás 12/3–4, 11–12
- Bodoky T. (1969): Investigations on the relative attenuation of multiple energy by the CDP stacking as a function of spread and the geophone distance. Annales Universitatis Scientiarum Budapestiensis de Rolando Eötvös nominatae 13, Sectio Geologica 5-14
- Bodoky T., Greutter A. (1970a): Az optimális terítési geometria meghatározása közös mérőpontos észlelési rendszerekben. Geophysical Transactions 19/1–2, 15–22



- Bodoky T., Greutter A. (1970b): A közös mélységpontos (CDP) észlelési rendszerek hatásossága az offset, valamint a többszörösök spektrumának függvényében. *Geophysical Transactions* 19/3–4, 5–11
- Bodoky T. (1970): A közös mélységpontos (CDP) rendszerek szűrőhatása és átviteli függvényeik. *Magyar Geofizika* 11, 209–218
- Bodoky T., Korvin G., Liptay I., Sipos J. (1972): An analysis of the initial seismic pulse near underground explosions. *Geophysical Transactions* 20/3–4, 7–27
- Bodoky T. (1972): The effect of dip of the reflecting boundary on the stacking of common-depth-point channels. *Geophysical Transactions* 20/3–4, 37–46
- Bodoky T., Szeidovitz Zs. (1972): The effect of normal correction errors on the stacking of common-depth-point traces. *Geophysical Transactions* 20/3–4, 46–57
- Bodoky T., Polcz I. (1972): How the number of coverages affects the attenuation of multiples in common-depth-point stacking. *Geophysical Transactions* 20/3–4, 73–78
- Bodoky T. (1972): The effect of changes in waveform upon CDP summation. *Geophysical Transactions* 20/3–4, 79–89
- Bodoky T. (1972): Investigations of the Common-Depth-Point Spread Systems. In: *Proceedings of the 17th International Geophysical Symposium, Karlovy Vary*
- Bodoky T. (1973): A közös mélységpontos észlelési rendszerek vizsgálata. *Magyar Geofizika* 14, 87–95
- Bodoky T., Rumpler J. (1979): A vibroszeiz eljárás elvi alapjai. *Magyar Geofizika* 20, 46–60
- Bodoky T., Szalay I. (1979): Hegyvidéki mérések vibroszeiz eljárással. *Magyar Geofizika* 20, 111–119
- Bodoky T., Rumpler J., Halmos P., Apor L. (1979): Resonance phenomena in the vibrator-soil system. In: *Proceedings of the 24th International Geophysical Symposium, Krakow*
- Bodoky T., Rumpler J., Halmos P., Apor L. (1979): A vibrátor-talaj rendszer rezonancia jelenségei. *Magyar Geofizika* 20, 201–210
- Bodoky T., György L., Jánvári J. (1980): Role of the “Apparent Spread Length” in the vibroseis measurements. In: *Proceedings of the 25 th International Geophysical Symposium, Székesfehérvár*
- Bodoky T., György L., Jánvári J. (1980): A látszólagos terítéshossz szerepe a vibroszeiz méréseknél. *Magyar Geofizika* 21, 208–215
- Bodoky T., Rumpler J. (1982): A vibroszeizmika (Vibroszeiz eljárás) elvi és módszertani alapjai. In: *A gyakorlati geofizika néhány új módszere*, Meskó A. (ed.), Tankönyvkiadó, Budapest
- Bodoky T., Janvarine-Kantor I., Timar Z., Toth T. (1995, May): Shallow seismic surveying for neotectonics. In: *57th EAEG Meeting*
- Dal Moro G., Scholtz P., Iranpour K. (2007): Harmonic noise attenuation for vibroseis data. *GNGTS* 3/2, 511–513

- Gúthy T., Konrád Gy., Berta Zs. (2005, June): Joint Interpretation of Near Surface Seismic Reflection, Tomography and Exploratory Trench Data. In: 67th EAGE Conference & Exhibition
- Hajnal Z., Takacs E., Pandit B. (2014, June): Mineralization Indicators from Seismic and Full Wave Sonic Data in the Athabasca Basin, Saskatchewan, Canada. In: 76th EAGE Conference and Exhibition – Workshops
- Hajnal Z., Lewry J., White D., Ashton K., Clowes R., Stauffer M., et al., Takacs E. (2005): The Sask Craton and Hearne Province margin: seismic reflection studies in the western Trans-Hudson Orogen. *Canadian Journal of Earth Sciences* 42/4, 403–419
- Kovács A. C., Zilahi-Sebess L., Bodoky T., Gúthy T., Hegedus E., Csabafi R. (2009, September): Joint seismic and CPT studies of the sliding loess wall along the Danuber river at S-Hungary. In: 15th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics
- Kummer I., Ppa A., Takacs E., Timar Z. (1992, June): Detection of shallow gas accumulations and uncontrolled gas flow by means of velocity and AVO analysis. In: 54th EAGE Meeting
- Pápa A., Ráner G. R., Tátrai M., Varga G. (1990): Seismic and magnetotelluric investigation on a network of base lines. *Acta Geodaetica Geophysica et Montanistica Hungarica* 25/3–4, 309–323
- Posgay K., Korvin G., Vincze J. (1971): Concepts of seismic digital instrumental and methodological development in the ELGI. *Geophys. Trans.* 20, 9–16
- Posgay K., Albu I., Bodoky T., Kengyel M., Komjáthy J., Korvin G., Kovács B., Németh G., Petrovics I. (1979): Szeizmikus módszer és műszerkutatás. Az ELGI 1978. évi jelentése. 55–66. o.
- Posgay K., Albu I., Korvin G., Petrovics I., Polcz I., Rácz I. (1980): Szeizmikus módszer és műszerkutatás. Az ELGI 1979. évi jelentése. 45–51. o.
- Posgay K., Albu I., Bodoky T., Kaszás M., Kovács B., Ráner G. (1981): Szeizmikus műszer és módszerkutatás. Az ELGI 1980. évi jelentése
- Posgay K., Komjáthy J., Pleszkáts T., Páhi L., Rácz I. (1984): Razrabotka bortovoj geofiziceszkoj szisztemy na base EVM, i voproszy ego dalnejsego razvitija. Problemy izucsenija i osvoenija mineralnyh resurszov mirovogo okeana. (Sbornik naucsnyh trudov. Minisztersztvo Geologii SSSSR PGO „Sevmorgeologija” 113–116. o., Lenin-grad. KGST Intermorgeo 10 éves Jubileumi Szimpózium, 1982
- Posgay K. (1985): Szeizmikus módszer- és műszerfejlesztés, In: „Az ELGI szeizmikus kutatásai” című kéziratban, ELGI Könyvtára
- Posgay K., Bardócz B., Bodoky T., Albu I., Guthy T., Hegedüs E., Takács E. (1997): An approximate determination of the spatial position of deep shear zones of the Hódmezővásárhely–Makó Graben and of the Békés Basin. *Magyar Geofizika* 38/2, 95–123

- Posgay K. (2009): Az ELGI és a szénhidrogén-kutatás néhány kapcsolatáról. *Bányászati és Kohászati Lapok, Kőolaj és Földgáz* 142/5, 15
- Saragiotis C., Scholtz P. (2009, January): Decomposition of harmonically distorted chirps into their harmonic components. In: *Digital Signal Processing Workshop and 5th IEEE Signal Processing Education Workshop, 2009. DSP/SPE 2009. IEEE 13th* (pp. 156–160)
- Saragiotis C., Scholtz P., Bagaini C. (2010): On the accuracy of the ground force estimated in vibroseis acquisition. *Geophysical Prospecting* 58/1, 69–80
- Sharma S. P., Tildy P., Iranpour K., Scholtz P. (2009, April): Attenuation of harmonic noise in vibroseis data using simulated annealing. In: *EGU General Assembly Conference Abstracts, Vol. 11*, p. 8693
- Scholtz P. (2002, May): Amplitude analysis of harmonics on vibrator generated direct waves. In: *64th EAGE Conference & Exhibition*
- Scholtz P. (2003, June): Constructing an output signal estimate of a vibratory source. In: *65th EAGE Conference & Exhibition*
- Scholtz P. (2013, October): Pseudo-random sweep optimisation for broadband vibratory seismic measurements. In: *7th Congress of the Balkan Geophysical Society*
- Scholtz P. (2013): Pseudo-random sweeps for built-up area seismic surveys. *The Leading Edge* 32/3, 276–282
- Szalay I., Gúthy T., Gömböcz L. (2011): Az 1964–67. évi dunántúli kéregkutató mérések refrakciós tomográfiás feldolgozása. *Magyar Geofizika* 52/4, 193–209
- Takács E., Hajnal Z. (1999, June): An amplitude versus offset case study on the Moho. In: *61st EAGE Conference & Exhibition*
- Takács E. (1996, June): Analysis of a flat spot in mesozoic carbonate using trace and AVO modelling. In: *58th EAEG Meeting*
- Takács E., Kummer I., Sipos J., Pápa A. (1999): Bright spot analysis within the Pannonian Basin using horizon velocity estimation and Hilbert and AVO attributes. *First Break* 17/3.
- Takács E., Kummer I., Sipos J., Pápa A. (1997, May): Bright spot analysis using AVO and Hilbert attributes as well as horizontal velocity estimation. In: *59th EAGE Conference & Exhibition*
- Takacs E., Pápa A. (1995, May): Seismic characterization of gas-saturated layers for various depths in the Pannonian Basin. In: *57th EAEG Meeting*
- Toth T., Bodoky T., Gili L., Lukacsy J. (1995, May): Processing experiences with shallow-seismic reflection data. In: *57th EAEG Meeting*

## 8.2. A mélyfúrás-geofizikai műszer- és módszerfejlesztés

*Baráth István*

A hazai és a környező országokban folyó nyersanyagkutató kutatás fokozódása megkövetelte korszerű mélyfúrás-geofizikai eszközök fejlesztését. Hazánkban, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben (ELGI) – a világ első alkalmazott geofizikai intézetében – nemes hagyományai voltak a geofizikai kutatás-fejlesztésnek a szakma minden ágazatában, így a mélyfúrás-geofizikában is. A víz és szénkutató különösen kiemelkedő szerepet kapott a hatvanas évek második felétől a nép-gazdaság fejlesztésének alapvető szempontjai között. Nem véletlen tehát, hogy 1959-ben az ipari vízkutató kivált az Intézetből és a VIKUV-hoz, majd 1964 végén a szénkutató az OFKFV-hez került az ELGI Mélyfúrás Geofizikai Osztályáról a miskolci, komlói és tatabányai csoportokkal együtt. Az ELGI-ben maradt a mély-fúrás-geofizikai módszer műszerfejlesztése, a műszerek kis szériás előállítás, azok terepi kipróbálása és bevezetése a gyakorlatba. A KGST országokban napirenden volt az erőltetett nyersanyagkutató, amelyhez a mélyfúrás geofizikai műszerek döntő többségét az ELGI-ből szereztek be.

A mélyfúrás-geofizikai eszközöket három csoportba oszthatjuk:

- 1) felszíni műszerek,
- 2) karotázscsőrlők.
- 3) lyukműszerek (szondák).

Ezeknek a fejlesztésével foglalkozott az ELGI az alkalmazások szinte teljes spektrumában.

### 8.2.1. Mélyfúrás-geofizikai műszerek fejlesztése és előállítása

#### 8.2.1.1. K-500 karotázsszállomás

Az első, teljesen automata karotázsszerberendezés (ABC-12) ugyan 1960-ban teljes mértékben elkészült, de alkalmazása gyakorlatilag tíz évig tartott. A 60-as évek második felében egy 500 m-ig használható új műszercsalád (K-500) intenzív fejlesztése indult el, amelyben fontos szerepet játszott a FOK-GYEM szövetkezet.

Ez a felszíni műszer első változatában két ellenállás- és egy SP-mérést tudott elvégezni, s az eredményt az AFR-160-6 típusú, 6 galvanométeres fotoregisztrálón

rögzítette. Az első változat *Szerdahelyi József* (FOK-GYEM) tervei alapján készült, amelybe szintén a szövetkezet által fejlesztett tükrös galvanométerek kerültek egy mágnesblokkba helyezve. A radioaktív mérés elvégzését külön felszíni egység (mely nem volt része a műszerszekrénynek) alkalmazása tette lehetővé.

A továbbfejlesztett berendezés minden funkcionális egysége „rack” rendszerben épült 50 és 100 mm-es méretekben. A regisztrálóba az ELGI fejlesztésű KG8 típusú tükrös galvók (galvanométerek) kerültek, amelyeknek torziós száalai erősebbek voltak (nem szakadtak el), és optikai tulajdonsága is jelentősen javult. A rack rendszer bármelyik egysége bárhová „betolható” volt és működött. Egy, kettő vagy három emelet állt rendelkezésre – igénytől, tehát a mérendő paraméterektől függően –, amelyekbe a teljes, az akkor lehetséges karotázsméré-

sekhez szükséges rackeket el lehetett helyezni. A fejlesztés a megnövekedett információigény miatt – a korszerű tranzistorok és integrált áramkörök alkalmazása ellenére – újabb helyigényt jelentett.

Amely egység korábban egy 10 cm-es rackban fért el, annak már elég volt az 5 cm-es rack is. Ennek következtében a regisztráló mellett lévő galvó és kábel kivezetésének új helyet kellett keresni. Így született meg egy új önálló egység, a Kábel és Galvanométer rendező Felszíni egység, amely 8 galvót 2 műszeremeletre tudott tetszőleges helyre kapcsolni. A megnevezés KGF820, amely a műszerszekrényen kívül kapott helyet. Ennek következtében a regisztráló mellett 20 cm-es hely szabadult fel a mérőműszerek számára. Így a regisztráló szekrényben jobb oldalon állandó he-



8-28. ábra. A K-500 karotázsműszer UAZ-452 hordozójárműbe szerelve

lye lett egy egységnek, ahol a galvanométer-bemeneteket a műszerek kimenetével egy-egy sokállású kapcsolón keresztül lehetett összekötni.

Az elektromos körök rackjai a *Petőcz Viktor* vezette laboratóriumban, a nukleárisok a *Liszt Ferenc* által vezetett szakmai műhelyben készültek. A K-500 műszereket (8-28. ábra) UAZ-452 szovjet gyártmányú katonai mentőkbe építették be, ezeknek a terepjáró képessége és megbízhatósága legendás volt. A berendezést nemcsak hazánkban, de a KGST országok mindegyikében is sikerrel alkalmazták. Évente 10–15 komplett műszert értékesítettünk.

A nehéz terepi viszonyok (hegyi körülmények, nehezen megközelíthető fúrások) szükségessé tették hordozható berendezés létrehozását is, amelyet K-300 (a K-500 egyszerűsített változata) néven forgalmaztunk. Itt egy dobozban



8-29. ábra. A K-300 hordozható karotázsberendezés terepi mérés közben

voltak elhelyezve az elektromos és radioaktív méréseket biztosító rackek, és a fotoregisztrálót felváltotta a ZIRG kétcsatornás, csehszlovák gyártmányú fémpapíros regisztráló, ill. később az ANAL-KONT (2 ill. 4 csatornás) papíriró. A regisztrálót a műszerdobozra helyezték, a dobozt pedig a csőrő tetején kialakított felületre. Ezt az ipari célú gamma-regisztrálót az ELGI-ben *Petőcz Viktor* és *Flesser Nándor* adaptálták, hogy karotázsmérések rögzítésére alkalmassak legyenek.

A K-500 és K-300 berendezésekhez tehát rack egységeket (50 és 100-as kivitelben) fejlesztettünk ki, amelyekből az elvégzendő feladatoknak megfelelő kombináció volt összeállítható. A berendezés minden egysége 12 V egyenfeszültségről, így akkumulátorról is működött. Ezek az egységek tranzisztorok és in-

tegrált áramkörök felhasználásával váltak megbízhatóvá és 1974–75-re minden karotázsmérésre kiterjedően jól funkcionáltak. A műszeregységeket a GAZ-66 kocsiba szerelt K-1500 berendezésekben egészen a 80-as évek közepéig használta *Harnos Gyula* észlelő.

Az 1974–75-ös továbbfejlesztési tervdokumentáció arról tanúskodik, hogy a nukleáris egységek fejlesztései – a 2LRM-72-50 lineáris ratemeter és a 2SCA-72-50 egycsatornás amplitúdóanalizátor kivételével, amelyek a kifejlesztendő energiaszelektív szonda (KRGÉ) üzemeltetéséhez szükségesek – készen vannak. Az elektromos körök és regisztráló továbbfejlesztése a K-1500, ill. K-3000 berendezések igényeit szolgálták.

Tulajdonképpen ez az analóg korszak fokozatos elhalását és a digitális fejlesztések erőteljes beindulását jelentette. Ez utóbbi a meglévő analóg berendezések életét is meghosszabbította csaknem a 80-as évek végéig. Ugyanis 1975-ben a K-500 karotázsbereendezéshez elkészült mint kiegészítő egység a KD-10M terepi digitalizáló műszer (digitális regisztráló).

#### **8.2.1.2. Digitális karotázszregisztráló műszer, KD-10M**

A KD-10M mechanikailag a K-500 szekrényhez igazodott, és az UAZ-452, ill. GAZ-66 gépkocsiba telepítettük. Feladata a mélyfúrás-geofizikai szelvényezés digitális rögzítése a mélység függvényében az analóg regisztrálóval (AFR-160-6) párhuzamosan. A 10 cm-es mintavételezés négy csatornán történt, s a digitális értékek a hangtechnikában is használt mágneses kazettán lettek rögzítve amerikai, Memodyne gyártmányú digitális egységgel. Négy analóg kimenete is volt a berendezésnek az analóg regisztráló felé. A számítógépes hozzáféréshez külön kazettabeolvasó készült, ami lehetővé tette a mérések archiválását és módszertani vizsgálatát. A szelvények a KD-10M berendezéssel is visszaolvashatók voltak, mert az analóg kimeneteket a regisztrálóra vissza lehetett vezetni. Ez azért volt lényeges, mert így még a terepen ellenőrizni lehetett a digitális szelvényezés minőségét, és szükség esetén a mérés megismételhető volt még a levonulás előtt.

A fejlesztés az 1970-ben létrejött Mélyfúrás Geofizikai Főosztály (MGF) Karotázsz Műszerosztályán a *Horváth Flórián* vezette Digitális Laborban történt *Josepovits Gyula* irányításával. Igen sikeres termék volt a KD-10M, amelyet több éven át exportáltunk az NDK-ba, de a többi KGST országba is jelentős mennyiséget szállítottunk. A KD-10M széles körben történt elterjesztése a hazai mélyfúrás-geofizikában a digitális korszak kezdetét jelentette.





8-30. ábra. KD-10M terepi digitális regisztráló-berendezés

A 70-es évek második felében a KGST Intergeotechnika program keretében hazánkat érte az a megtiszteltetés, hogy egy korszerű, digitális karotázsállomást fejlesszen ki, amely az akkor létező lyukműszerek nagy részével működik. E feladat azért jutott hazánkhoz, s ezen belül az ELGI Mélyfúrás Geofizikai Főosztályának, mert

- 1) elismert hagyományai voltak az ELGI-nek módszer- és műszerkutatás és -fejlesztés területén,
- 2) az újabb fejlesztési eredmények éppen a digitális karotázs területén („nagy digi” és a KD-10M típusú terepi digitalizáló egység) bizonyították alkalmasságunkat,
- 3) az ELGI-ben a számítástechnikai ipar magyarországi fellendülésével párhuzamosan kezdődhetett meg a fejlesztés.

#### 8.2.1.3. Mikrogéppel vezérelt karotázsállomás, KD-20

A műszer több évig tartó fejlesztése KGST együttműködés keretében az ELGI vezetésével 1977-ben indult el. A készülő (KD-20) karotázsberendezés alapjául az SZKI által gyártott MO51 mikroszámítógép szolgált. A cél az volt, hogy a berendezéssel az összes, akkor használt mérést el tudjuk végezni nagy mélységig (1500 m), a mért értékeken mérés közben a beépített számítógép segítségével feldolgozást lehessen végezni, a mért és számított értékeket tárolni és megjeleníteni lehessen. A mikrogep buszára illesztett perifériakártyák végezték a bejövő analóg, ill. impulzus jellegű jelek digitalizálását. A mért adatok feldolgozására egy speciális nyelvet (KAROLIN) fejlesztettünk ki, amely mintavételenként, valós időben a bejövő adatokat mint változókat kezelte, és azok között tudott műveleteket végezni. A feldolgozás után a mért és számított értékeket 10 cm-enként tv-képernyőn jelenítettük meg, fotóregisztrálón kirajzolva, valamint mágnesszalagon rögzítve. Az adatrögzítő az abban az időben újdonságnak számító nagyobb méretű kazettás, ún. Cartridge Drive volt. Az egyes mérésekhez a feldol-



gozóprogramokat szintén ilyen kazettáról lehetett beolvasni. Az állomásból néhány darab készült csak, ezeket GAZ-66 és ZIL-131 gépkocsikba szereltük.

A mélyfúrási méréstechnikában abban az időben egyedülálló megoldásnak számított Kelet-közép Európában a mérés közbeni számítógépes feldolgozás és képernyős megjelenítés. A fejlesztés a Főosztály három osztályának együttműködésében történt és kb. négy évig tartott.

A szoftverfejlesztést és a KAROLIN nyelv megalkotását a Karotázs Módszertani Osztályon *Pákozdi Imre* végezte. A hardverfejlesztés a Műszer Osztályon dolgozó két fiatal mérnök *Bajzik György* és *Josepovits Gyula* munkája.

A kísérleti méréseket, valamint a feldolgozóprogramok kialakítását a Kísérleti Karotázs Osztályon *Szongoth Gábor* irányításával *Bán István* és ifj. *Zilahi-Sebess László* végezte.

A mikrogéppel vezérelt karotázsállomással (KD-20) több KGST országban történt eredményes bemutatómérés. Hibája volt a terepi körülmények között nem megbízható MO51 hazai gyártású számítógép és a berendezés nehézkes kezelése. Mindezek ellenére egy sor újdonságot vezetett be a karotázsmérésekben, és rengeteg tanulsággal szolgált a jövő fejlesztéseihez.

#### 8.2.1.4. Digitális karotázsregisztráló berendezés, KD-30

Az analóg berendezéseink továbbélése, a különböző országokban felhalmozódott magyar karotázstechnika nagy



8-31. ábra. A KD-20 mikrogéppel vezérelt karotázs-állomás

száma, megbízható működésük és mechanikai stabilitásuk arra készítette a Főosztályt, hogy korszerűsítse a K-500 felszíni berendezést és a K-széria darabjait, hiszen ezáltal újabb karotázsműszerek eladása is lehetővé vált. Ezért korszerűsítettük a KD-10M adaptert.

Az 1979-ben fejlesztett KD-30 típusú berendezés tehát alapvetően a KD-10M digitális regisztrálónak a továbbfejlesztése, mivel az eltelt években új, nagyobb integráltságú alkatrészek jelentek meg a piacon, s a párhuzamosan folyó mikrogépes fejlesztés is kínált néhány beépíthető megoldást.

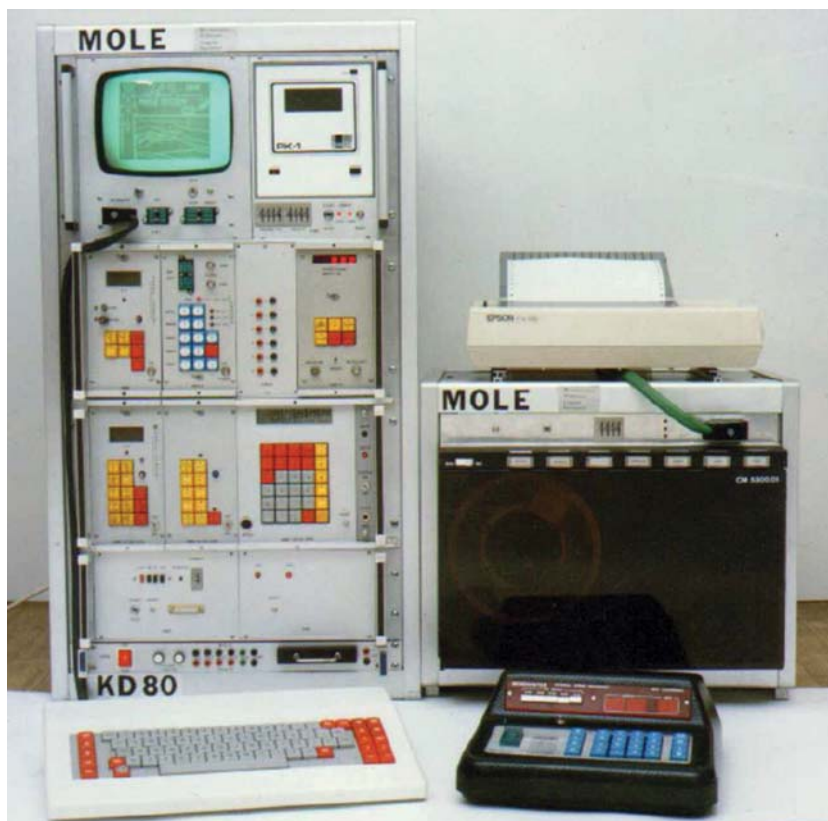
A kazettás magnetofonra való rögzítésen kívül a berendezés alkalmas arra, hogy a regisztrálendő szelvények (max. 4 csatorna) legutolsó néhány méterét egy beépített tv-képernyőn a szonda haladását követve megjelenítse. Ezzel lehetővé vált a szelvény vizuális követése. A felvett szelvény visszajátszható a képernyőn, így a szelvény minősége könnyebben ellenőrizhető. A KD-30-hoz csatlakoztatott, nyomtatóval ellátott TI59 kalkulátor segítségével a képernyőn látható szelvény egy-egy pontjáról – az észlelő kezdeményezésére – számításokat lehetett végezni, ami a helyszíni terepi kiértékelést segítette elő. Később készült olyan verzió is, amelyben kazettás adatrögzítő helyett fél colos mágnesszalagos egység szerepelt. A KD-30 a K-500 és K-széria állomások kiegészítőjeként szép karriert futott be egészen a nyolcvanas évekig. A legtöbb darab Romániába és Bulgáriába került, de Irak is vett egy állomást. A fejlesztés nagy részét *Ijjas Péter* végezte *Bajzik György* és *Josepovits Gyula* közreműködésével.

#### **8.2.1.5. Mikroprocesszorral vezérelt karotázállomás, KD-80 (MOLE)**

Amint már említésre került, a KD-20-ban alkalmazott MO51 számítógép terepi viszonyok között nem működött megbízhatóan. Abban az időben (1977) nem juthattunk hozzá a hasonló kategóriát jelentő világszínvonalú IBM gépekhez. Ugyanakkor az újabb mikroprocesszorok megjelenése új lehetőséget kínált korszerű karotázállomás kifejlesztésére.

A mikrogépes fejlesztés (KD-20) lezárulta után, annak tanulságait levonva, felmerült az igény olyan berendezés iránt, amely a lehető legjobban tehermentesíti az észlelőt a szelvényezéssel kapcsolatos munkában, és minden mérést, amit a szakma használ, el tud végezni. Igényként jelentkezett a korszerű alkatrészbázis, a bővíthetőség és könnyű gyárthatóság.

1981-ben indult a fejlesztés a mikrogépes projektben is résztvevő 3 osztály közreműködésével. Mivel a 8 bites mikroprocesszorok nem sokkal azelőtt



8-32. ábra. KD-80 (MOLE) a mikroprocesszorral vezérelt karotázsállomás

jelentek meg, a piacvezető Intel és Motorola terméke közül kellett választani. A kérdést a beszerezhető, könnyen elérhető fejlesztő rendszer döntötte el a Motorola javára.

A berendezés koncepciója a szétszott intelligenciára épült. Minden részegység, ki- és bemeneti illesztő, regisztráló és megjelenítő egység tartalmazott egy különálló processzort, és ezek egy központinak kinevezett mikroprocesszor irányításával kapcsolatot tartottak egymással. A végső berendezésben 9 db MC6800 processzor dolgozott együtt. A korábban kifejlesztett, KAROLIN nyelven megírt feldolgozóprogramok a méréstípus kiválasztása után automatikusan töltődtek be, a kábelerek és műszerbemenetek automatikusan kapcsolódtak

össze, az észlelő feladata csak néhány alapadat bevitelére és a mérés követésére szorítkozott. A mért és feldolgozott adatok CRT megjelenítőn valós időben követhetők voltak, kezdetben fotóregisztrálón, majd mátrix printeren lettek kirajzolva. A különböző típusú regisztrálók (fotóregisztráló, tollas direktírók) mátrix printerrel való kiváltása forradalmi ötlet volt 1985-ben (*Czifra Ferenc, Szongoth Gábor*), amelyet akkoriban és még sokáig sehol nem alkalmaztak. A digitális rögzítés először hangkazettán, majd a technika fejlődésével félcolos mágnesszalagos egységen, később floppy lemezen történt. Olyan beállításigényes mérések váltak automatikussá, mint az ellenállásmérés, gerjesztett potenciál, laterolog, spektrál vagy akusztikus hullámkép. A KD-80 valósította meg gazdaságosan, könnyen használhatóan azokat az újításokat, melyeket a fejlesztők a mikrogépes fejlesztéskor szereztek. A geofizikai koncepció kidolgozását és a kísérleti méréseket *Szongoth Gábor* irányította, de *Dankházi Gyula* is értékes tanácsokat adott. A szoftverfejlesztést *Pákozdi Imre* kezdte, majd az ő Intézettől való távozásakor *Bajzik György* fejezte be. A hardver kialakítását többek között *Bajzik György, Jánosi Lajos, Takács Sándor, Horváth Flórián* végezték. A fejlesztés sikeréhez terepi, mérési tapasztalatainak megosztásával *Tonka Péter* és *Kasza Zoltán* is nagyban hozzájárultak. A műszerrel az első kísérleti mérés 1983 februárjában a gyöngyösi solymosi tesztfúráson történt. Rendszeres mérések 1984-től kezdődtek.

A berendezés több kiépítésben valósult meg (KD-80S, KD-80M). Néhány műszert külföldön (Csehszlovákia, Szovjetunió) adtak el, többet Magyarországon (Bauxitkutató, MÉV, VIKUV).

A berendezés átgondoltságát, használhatóságát bizonyítja, hogy az akkoriban készült darabok – sok átalakítás és fejlesztés mellett – még napjainkban is használatban vannak a Geo-Log Kft.-nél. A cég 7 mérőberendezésének ez az alaplétre, amely valamennyi ELGI szondát kezelni tudja, és az eredményeket pendrive-ra rögzíti.

### **8.2.1.6 Mélyfúrás-geofizikai állomás: PC LOG**

A 80-as évek közepén-végén hazánkban is megjelentek az IBM típusú számítógépek. Ez ismét bátorságot adott a számítógéppel vezérelt karotázásállomás fejlesztéséhez, létrehozásához. Mindazokat a szakmai tapasztalatokat, amelyek a KD-10M, KD-30 terepi digitális regisztrálók, az MO51 számítógépre épült karotázásállomás (KD-20) és a mikroprocesszor vezérelt mélyfúrás-geofizikai berendezés (KD-80, MOLE) létrehozásánál gyűjtöttünk, célszerű lett volna felhasználni egy új számítógép-vezérelt karotázásállomás fejlesztésénél. Sajnos nem teljesen



8-33. ábra. A PC LOG mélyfúrás-geofizikai állomás

így történt. Az a szakembergárda, amely a PC LOG fejlesztésén dolgozott összetételében is gyakran változott, s a Digitális Labor munkatársai nem vettek részt a fejlesztésben. Részben, mert eltávoztak az Intézetből, részben pedig, mert még a MOLE műszer gyakorlati bevezetésén (1984–) és annak továbbfejlesztésén dolgoztak.

Az ipari számítógépek megjelenésével és fejlesztésbe történő integrálásukkal a 80-as évek végére elkészült a PC LOG mélyfúrás-geofizikai állomás (*Kőrös Zolt, Beszeda Tamás, Czifra Ferenc, Halmos Imre*) továbbfejlesztésén (1992-től napjainkig) *Kállai Róbert, Baráth István, Halmos Imre* és *Nagy Attila* dolgozott. Így a berendezés fejlesztését az ELGI kezdte, de a Geoport Kft. fejezte be és forgalmazta. A berendezést mai formájában a 8-33. ábra mutatja be.

A felszíni mérő alapperendezés egy KONTASET KS-85-8E/I típusú szekrénybe van telepítve. A műszer főbb elemei:

- IPC 6806 ipari számítógép az alábbi kártyákkal:
  - PCA-6751 processzros kártya,
  - PC LOG adatgyűjtő kártya,
  - PC LOG szondatápkártya,

- ADC-16/12 A/D kártya,
- 3,5" FDD,
- 40 GB HD,
- 9"-os monokróm VGA monitor,
- Panasonic KX-P1150 mátrixnyomtató,
- APC BR5001 szünetmentes táp.

A nyomtató és a szünetmentes táp nincsenek beépítve a szekrénybe. A PC LOG adatgyűjtő kártya végzi az adatgyűjtést, mélységmérést, és vezérli a szondatapkártyát. A szondatapkártya állítja elő a szondák vezérlésére szükséges áramot. Ez egy áramgenerátor. Az ADC 16/12 kártya a rendszer opcionális tartozéka. Erre akkor van szükség, ha más felszíni egység által működtetett analóg jelet akarunk regisztrálni. Ugyanis a rendszer alapkiépítésben minden amuplex elven működő szondát kiszolgál, táplál, jeleit fogadja és feldolgozza. A mérési adatokat a számítógép képernyőjén követjük és lemezen tároljuk. A mérési szelvény valós időben és/vagy visszajátszva terepen kinyomtatható. A PC LOG berendezést ma is több hazai és külföldi cég (osztrák, tunéziai, stb) alkalmazza sikeresen.

#### **8.2.1.7. K-szériás karotázsberendezések („fekete” műszerek)**

Miközben a K-500 berendezések mérési mélységtartományát növelni szerettük volna, megmutatkoztak azok korlátai. A korábban nagyszerű megoldásnak tartott rack rendszer a sok mechanikai csatlakozás miatt hibaforrásnak bizonyult. Ezért egyre inkább az mutatkozott járható útnak, hogy emeletenként egy dobozba tettünk akár két-három különböző rendeltetésű racket is.

Az a tény, hogy a Nukleáris Laboratóriumban hosszú évek fejlesztési eredményeként létrejött az univerzális felszíni egység, a KFU, meggyorsította a rack rendszer halálát. Az előbb két, majd négycsatornás KFU (*Bartos István*) az összes AMUPLEX rendszerű lyukműszert (nukleáris és technikai szondákat) kiszolgált, és egy emeletet foglalt el úgy, hogy a PRA-4-gyel kiegészülve az energiaszelektív méréseket is lehetővé tette. Ezek a 19"-os fiókok kerültek a 80-as évek elején még ritkábban, de a közepén már kizárólagosan a kontaszetszekrénybe. 1984-re elkészült a KFU-4-12P, azaz a processzoros változat is, amelyben már Z-80-as mikroprocesszor volt.

A KFU-4-12P is 12 V feszültséget igényelt, és egyidejűleg négy csatornát kezelt. Az új K-600, K-1000, K-1500 és K-2000 berendezések már „feketébe” öltöztek,



és az emeletek kiosztása – a logikus kapcsolatokon túl – tetszőleges volt. A nagyszámú berendezés gyártása mégis megkövetelt egy átgondolt rendet, hiszen a kábelezést is célszerű volt egységesíteni.



8-34. ábra. K-szériás („fekete”) műszer (K-1000). Az ábrán (K-1000) egy olyan K-szériás műszer („fekete”) látható, ahol felülről lefelé haladva egy kontaszekrényben az alábbiak láthatók: a felső kettős emeleten a KD-30-as digitális regisztráló; a következő emelet a direktíró (4 csatornás ANALKONT); majd a nukleáris mérések felszíni jele (KFU-4-12P + APR), elektromos egységek; és végül az akusztikus felszíni (KAF)

Kérésre azonban az AFR-160-6 vagy AFR-224-9 fotoregisztrálóknak CG112A galvanométerekkel (ELGI) éppen úgy helye volt, mint az APR-4 direktíró regisztrálónak vagy később a KD-30-as digitális regisztrálónak.

Az APR-4 az ANALCONT négycsatornás regisztrálót váltotta fel, mivel az utóbbinál gyakran beszáradt a festék. Az APR-4 direktíró regisztráló 4 db golyóstollal (amerikai space pen) írta a szelvényt a kétoldalt perforált nyomtatott papírtekerésre. Az író tollat Gamma gyártmányú léptetőmotor mozgatta feszültségkompenzációs pozicionálással. Léptékek a karotázsregisztrálóknál kialakult és elfogadott: 1:20; 1:50; 1:100; 1:200; 1:500; és 1:1000.

A 70-es évek végén, a 80-as évek első felében még próbálkozások voltak a rack rendszerű K-500 berendezések működésének kiterjesztésével. Ezt partnereink is igényelték. Hazai vonatkozásban ekkor mélyültek az 1200 m mélységig tartó érc-kutató fúrások a Börzsönyben.

Az UAZ-452-t felváltotta a GAZ-66, amelyben mind a műszernek, mind a berendezés többi egységeinek lényegesen nagyobb hely állt rendelkezésére, s így kényelmesebb munkafeltételeket teremtettünk.

Be kellett látni, hogy nagyobb teljesítőképességű felszíni egységeket kellett használni, növelni kellett a csörlő kapacitását, s így az új feltételeknek már a kompaktabb K-széria felelt meg. Ilyen berendezéseket (K-1500) szállítottunk Kubába, az NDK-ba, valamint Líbiába és Indiába is. Ekkor már a K-600 és K-1000 berendezések is csak ezekkel a felszíni egységekkel kerültek exportra.

Ki kell emelni – a fejlesztők mellett – az exportra menő berendezéseken munkálkodó kollégákat (*Zeke László, Szép Sándor, Szakács Attila, Pintér József*), akik a csörlők tesztelését, a komplett berendezések ellenőrzését és fúrólyukban végzett méréseket nagy hozzáértéssel, lelkiismeretesen és precízen látták el, mind itthon, mind átadáskor (betanításkor) az adott országban, ahová a berendezéseket szállítottuk.

A K-500, majd a K-széria berendezésekkel – a megfelelő lyukműszerek alkalmazásával – sikeresen megoldhatóvá vált a víz és a szilárd hasznos ásvány kutatása, tehát a nyersanyagkutatás problémái.

#### **8.2.1.8. Közepes és nagy karotázsszállomások**

A K-500 és a K-széria berendezések, a fotóregisztrálók, a digitális regisztrálók fejlesztési tapasztalatai és az ipar igénye arra ösztökölte az Intézet egységeit, (Műszaki Osztályt, Finommechanikai és Szerkesztési Osztályt), hogy a Mélyfúrás Geofizikai Főosztály nagy vállalkozásában, a közepes és nagy mélységű fúrások karotázsműszereinek fejlesztésében is tevékenyen vegyenek részt.

Az ipar részéről a termálkutak vizsgálata, az olajiparban a termelés-geofizikai kutatások segítése, vagy a szén- és uránipari kutatások is nagy teljesítményű műszereket igényeltek. Jelentkeztek igények külföldi partnerek részéről is.

A hetvenes évek első felében nemzetközi szerződés keretében az NDK-val (VEB Geophysik, Leipzig) közösen dolgoztunk a középkarotázs-berendezés fejlesztésén. Az IFA gépkocsira épített karosszériát, valamint néhány felszíni egységet (az akusztikus berendezést USBA-t és a ½"-os digitális magnetofont) a német kollégák adták. Ebbe a K-3000 berendezésbe került először a továbbfejlesztett fotóregisztráló, az AFR-160-6, a nyolccsatornás A/D konverter és annak



illesztése az adatrögzítő magnóhoz (*Takács Sándor*), valamint ebbe a kocsiba került az új mélységmérő rendszer, a „gombafej”.

A 70-es évek közepére kifejlesztettük a „nagy digi-t”, a 3000 m-ig működő középkarotázs-állomást. Ez a műszer gamma-szekrényt tartalmazott, amelybe kerültek a különböző emeletek dobozai. A műszerhordozó jármű a ZIL-131 volt. A Lebus („kábelvezető”) először a nagy digiben próbáltuk ki és alkalmaztuk sikeresen. A szekrény felső emeletén helyezkedtek el (egy fiókban) azok az elektromos áramkörök (áramgenerátor, mérő erősítők, PS-kompenzálás), amelyek nemcsak a hagyományos elektromos szondákat (passzív kábelszondák, merev szondák), de a hételektrodás laterolog szondát is működtette. Ezt *Jánosi Lajos* tervezte és építette meg. A második emeletre került az AFR-224-9 fotóregisztráló, amely az éppen kifejlesztett ceruzagalvókat (CG112A) tartalmazta. A fotóregisztráló elektronikáját *Jánosi L.* és *Takács S.* fejlesztette ki.

A következő emeleteken a digi egység kapott helyet (*Takács S.*) 8 csatornás AD konverteres kivitelben, 5  $\mu$ s-os mintavételezési lehetőséggel. Az utóbbi alkalmassá tette az akusztikus hullámkép felvételét, gamma-spektrum mérését (256 csatornás analízátor – *Takács S., Békés T.*) és a gerjesztett potenciál lecsengési görbéjének (*Dankházi Gy., Takács S.*) vizsgálatát is.

Ezeket az adatokat 1/2"-os, NDK fejlesztésű mágnesszalagra rögzítettük. A 1/2"-os szalag számítógépbe juttatása nem jelentett problémát.

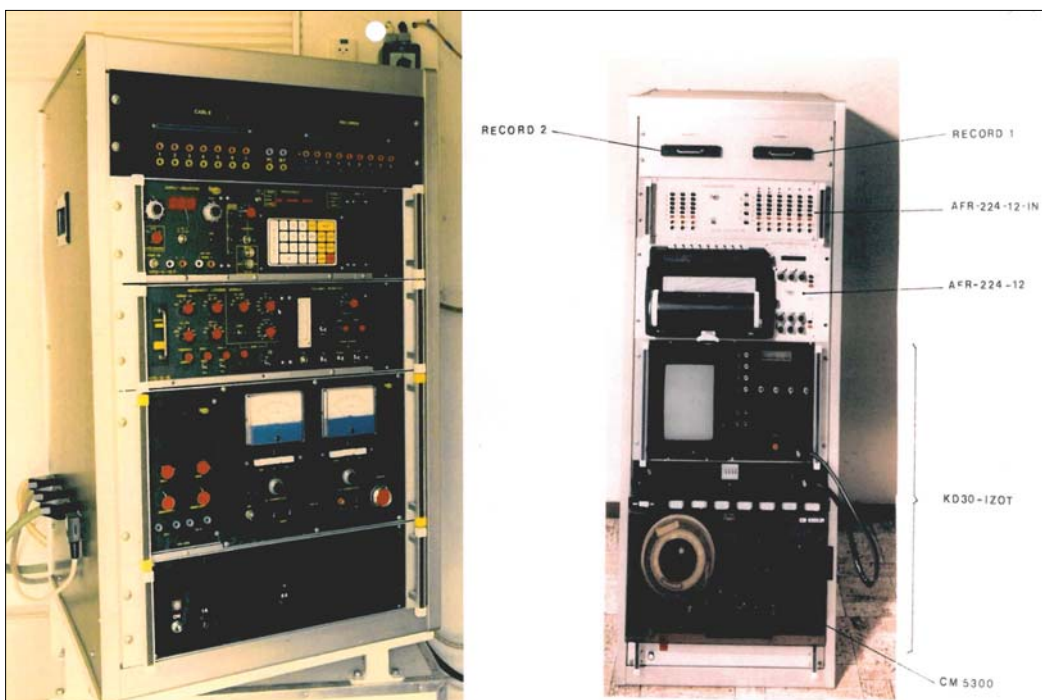
Az akusztikus hullámkép rögzítése ebben az időben kimagasló szakmai eredmény volt világviszonylatban is. A szekrény legalsó szintjén lévő fiókban a tápegység és stabilizátor helyezkedett el. Ezzel a műszerrel sikeres bemutatómérést végeztünk (*Szongoth Gábor* többéves, szívós eredményes munkája), többek között a Szovjetunióban is.

1976-ban a Mecseki Ércbánya Vállalat (MÉV) részére fejlesztettünk és gyártottunk középkarotázs-berendezést, amely teljesen ELGI- (MGF-) konstrukció volt. Rendeltetése az uránkutatás volt. A gamma-szekrénybe szerelt hagyományos egységek (elektromos körök, AFR-224-9) mellett különös gond övezte a nukleáris egységet (KFU-4-12), ahol terepi spektrum felvételének (négy csatorna) a lehetősége is biztosítva volt (PRA-4). Ezenkívül egy 128 csatornás analízátort is tartalmazott a rendszer. Nagy gondot fordítottunk a KRGE szondák spektrumstabilizáló áramkörére, amely kompenzálta a hőmérséklet hatását az impulzus amplitudójára. A MÉV műszerbe beépítettük a KD-10M digitális regisztrátort is. A csörlőjét Lebus-szal szereltük fel, amely a középkarotázs-berendezéseinknél

terjedt el. A berendezéssel először 2000 m-ig lehetett mérni, később 3000 m-es kábel került rá.

A Csehszlovákiába (Osztravai Barnakőszénkutató Vállalat) szállított középkarotázs-berendezés 2000 m mélységig volt használható, amely ZIL-130-as gépkocsialvázra épült. Ezt a berendezést úgy fejlesztettük (1983–84), hogy a megrendelő igényeit maximálisan figyelembe vegyük, és az addigi fejlesztési eredményeinket is megvalósítottuk a műszer összeállításában. A felszíni egység fotoregisztrálója, az AFR-224-12 új fejlesztésünk volt, de tartalmazott KD-30-as digitális regisztrálót is. Korszerűsített, többfrekvenciás ellenállásmérő egység volt benne, és a gombafej mélységmérő rendszer automatikus mágnesmarker író/olvasó egységgel volt kiegészítve. Az egész műszer komplexum kontaszetszekrénybe volt beszerelve.

1985-ben ismét szállítottunk K-2000 berendezést Csehszlovákiába, amelybe KD-80 (MOLE) műszert szereltünk be, és a hordozó gépkocsi Tatra volt.



8-35. ábra. A K-5000-es karotázsberendezés felszíni egységei műszerkabinban

1983-ban a Koreai Népi Demokratikus Köztársaság Olajvállalatának nagy mélységű K-4000-es berendezést fejlesztettünk olajkutatási célra. A hordozó kocsi ZIL-131 volt, megerősített és megnövelt kábelkapacitású csörlővel. A felszíni szekrény érdekessége, hogy digitális jelrögzítést nem kértek, tehát a KD-30 egységet nem tartalmazta. Ugyanakkor az összes olajipari kutatásnál lényeges felszíni egységeket (gamma–gamma, neutron–neutron, indukciós, akusztikus, elektromos) igen.

A lyukeszközök (szondák) hőtűrőek voltak. Kivétel az indukciós (szovjet gyártmányú), amely magyar felszíni egységgel működött (*Koprda Sándor* munkája). Az NDK gyártmányú akusztikus szonda szintén nem volt hőtűrő. Az összes többi szonda (a Főosztály fejlesztése és előállítása) hőtűrő (150 °C) kivitelben készült (*Liszt Ferenc, Korodi Gizella, Repka Lajos, Tasnádi Henrikné Zsuzsa*). A berendezés témavezetője *Takács Sándor* volt, aki a helyszíni betanítás és átadás során 12 db 3000 és 4000 m mélység közötti fúrásban komplett méréseket végzett a koreai szakemberekkel együtt.

A berendezést a koreai fél még sokáig alkalmazta a sárga-tengeri partközeli fúrásokban. A nagy árapály-ingadozást kihasználva a berendezést lapos tutajra szerelve vontatták be a fúrára, majd a megfeneklő tutajról apály idején elvégezték a méréseket.

A K-5000 nagyberendezést 1985-re készítettük el romániai megrendelésre. A Ploestibe szállított berendezéseket román diesel alvázra karosszált kabinba, ill. konténerbe (1987) építettük. Itt már beépítésre kerültek azok az ELGI- (MGF-) fejlesztésű egységek, amelyek a Mélyfúrás Geofizikai Főosztály tulajdonában lévő digitális, ill. számítógépes kísérleti műszerkocsiban eredményes teszteléseken estek át (K-5000, műszerkabin, 8-35. ábra).

A képen jól látható, hogy a felszíni műszereket két kontaszetszekrényben helyeztük el. Az elsőben a nagy mélységben működő hőtűrő szondákat kiszolgáló továbbfejlesztett, megbízható felszíni egységek (KFU-4-12 P, ellenállásmérő és laterolog stb.) voltak. Az indukciós (szovjet) és akusztikus (NDK) szondákat az általunk adaptált felszíni egységek működtették.

A második szekrényben az akkor (a 80-as évek második fele) korszerű adat-rögzítés és -tárolás, azaz az AFR-224-12 fotóregisztráló, a KD-30 terepi digitalizáló és a ½"-os CM-5300-as adathordozó volt. A mélységkorrekciós mélységmérést a mágnesmarker rendszer író/olvasó egysége biztosította. A kábel helyrerakását a sorvezető végezte. A teherautóra épített mérőállomások csörlőmeghajtása mechanikus úton, a gépkocsi motorjáról történt. A konténerbe épített műszer csör-

lőmeghajtását nagy teljesítményű, változtatható fordulatszámú villanymotorral oldották meg.

A 80-as évek közepére és végére kifejlesztett korszerű digitális karotázsalomások (KD-80; PC LOG) elsősorban szilárd hasznos ásvány- és vízkutató célokat szolgáltak. Ezért a korábbi fejlesztéseink pozitív eredményei alapján, azok felhasználásával születtek meg a K-3000 és K-5000 olajipari mélyfúrás-geofizikai állomásaink.

Külön ki kell emelni a gerjesztett potenciál felszíni műszert (KIP-91). A műszer önálló dobozba került. Jelentősége nemcsak abban van, hogy sikeres fejlesztés valósult meg e téren, hanem elsősorban abban, hogy ezzel a berendezéssel mértünk a németországi KTB (Kontinentalen Tiefbohrung) 9001 m mélységű mélyfúrásban.

Ezzel a paraméterrel a nagy világcégek (úm. Schlumberger, Dresser stb.) mellett egyedül az ELGI (MGF) kapott mérési lehetőséget, mivel ilyen eszköze másnak (a nagyoknak) sem volt. A *Dankházi Gyula* által kidolgozott, fúrólyukbeli gerjesztettpotenciál- (GP- vagy IP-) mérés műszerét *Bajzik György* fejlesztette ki.

A KIP-91 egy olyan önálló készülék volt, amelyet a KTB fúrásokon telepített egyéb mérőberendezéshez kapcsolva (kábelerek és regisztráló) elvégezte egy kombinált szondával a GP- és a természetesgamma-mérést, ezeket analóg kimeneten regisztrálási célra kiadta, valamint soros vonalon biztosította a mért adatok számítógépbe juttatását rögzítés és feldolgozás céljából.

A GP-mérés paraméterei (gerjesztési hossz, minták száma a lecsengési görbénél, mintavételezés kezdete, gerjesztések közötti szünet) több érték közül voltak kiválaszthatók azért, hogy kísérleti mérésekkel meghatározhatók legyenek a KTB fúrás geológiai körülményeihez legjobban illeszkedő beállítások.

GP-mérésre három alkalommal került sor Németországban, 500 és 3000 m-nél a saját KD-80 berendezéssel és 6000 m-nél a KIP-91-gyel. A passzív GP szonda az ELGI- (MGF-)ből származott, a nagy hőmérsékletű természetesgamma-szondát a fúrásokon adták. A mérés 6000 m és 3000 m között történt. A mérés minden alkalommal sikeres volt. A tervezett folytatás azonban elmaradt, mert a projekt több éves elhúzódása alatt egy németországi kutatóintézetben – az ELGI eredményeit használva – kifejlesztették a saját műszerüket.

A rendszerváltás után a nyersanyagkutatás minimálisra csökkent az egész KGST-ben. A szovjet, román stb. rubel alapú szerződéseket 80–85%-os készült-

ség mellett már nem lehetett befejezni és leszállítani. Az ELGI-ben a nagy leépítések 1991-ben és 1993-ban mentek végbe, aminek következtében a Mélyfúrás Geofizikai Főosztály megszűnt. A műszerfejlesztést és -gyártást a Geoport Kft., a terepi karotázsmunkákat és bizonyos fejlesztéseket a Geo-Log Kft. viszi tovább.

## **8.2.2. Mélyfúrás-geofizikai csörlőrendszerek**

### **8.2.2.1. Karotázscsörlők**

A karotázscsörlők fő elemei:

- a dob, amelyre a kábelt csévéljük (rendszerint 4 vagy 7 erű kábelt, kezdetben háromerűt),
- a sorvezető,
- a kollektor,
- a mélységmérő,
- a meghajtás.

Az ELGI-ben a 60-as években gyártott és használt (1960–1970) ABC-12 műszer csörlője „hordozható” volt, amelyet pl. a Miskolci Karotázs Csoportnál négy ember emelt és vitte a kívánt helyre, a fúrólyukszáj közelébe. Néha vita volt a segéd munkások között, hogy a szoboszlóiak vagy a nyírségiék bírják-e jobban. A vita feloldása egyszerű volt. Elöl két szoboszlói, hátul két nyírségi ember, vagy fordítva vitte a terhet. A csörlő kézi meghajtású volt, vagy ahogy viccesen mondtuk „egy lóerős”.

A hatvanas évek második felében kifejlesztett K-500 karotázsműszer csörlőjét az UAZ-452 motorjáról működtettük, ami azt jelentette, hogy a gépkocsi motorja a kivonulástól a hazatérésig állandóan járt.

A *dob*ról lefutó kábel egy négyszögtengelyen oldalirányban könnyen elmozduló, görgőzött, kalibrált kerületű mérőkereket hajtott. A helyes kábelcsévezést a lyukszájra való pontos merőleges irányú és megfelelő távolságú ráállás biztosította. Így szükségtelen volt a kézi, mechanikus kábelvezetés. A négyszögtengely végén lévő szögtörő hajtásból indult a filmtovábbítást és mélységmérést biztosító kardánhajtás, amely a műszertérben lévő regisztráló szekrényig futott. A mélységkorrekciót és filmtovábbítást (pl. adott mélységpontban, időtengelyben történő mérésakor) egy, a kardán és regisztráló közé iktatott kézi tekerővel (ratrapórrel) végeztük. Az észlelő a mérési igényeknek megfelelően banándugós

mérőzsinórok segítségével kötötte össze a lyukszonda ereit a felszíni műszer bemeneteivel.

A megfelelő berendezés típusa mindig utalt a vizsgálható mélységre. Tehát pl. a K-500 500 m mélységig mér, a K-300 300 m-ig.

A hazai kábelgyártás nem volt felkészülve sekélykarotázs-mérésekhez szükséges kábelek gyártására, s a viszonylag rövid hosszak nem tették volna gazdaságossá a fejlesztést a relatíve jelentős számú karotázsállomások gyártása és exportja ellenére sem.

Alkalmaztunk háromeres szovjet gyártmányú páncélkábelte vagy háromeres, nagy teherbírásút (vastag kábelte) is, de nem sok sikerrel. Áttértünk a négyeres 4,7, 5,6 és 8,1 mm-es amerikai kábelekre, amelyeket partnereink is megelégedéssel fogadtak. Ezeket a kábeleket napjainkban is a Rochester, ill. a Camesa cégektől szerezzük be. A két kisebb átmérőjűt 2000 m-ig, a 8,1 mm átmérőjűt (és vastagabbat) a K-3000, K-4000 és K-5000 berendezésekhez használjuk. Vásároltunk és használtunk holland gumikábelte is, ezeket azonban elsősorban elektromos passzív kábelsonda gyártására vettük.

A *sorvezető*k jelentősége igen nagy volt a pontos és sikeres mérés szempontjából. Ezért a legjobb konstruktőrök dolgoztak ennek a fejlesztésén. A K-300 sorvezetőjét *Szalai József* és *Vándor József*, a K-500-hoz *Honfi Ferenc* és *Herbály Imre* fejlesztették, míg a K-3000-hez a *Lebust Czeplédi István* tervezte (adaptálta), és külső cégekkel gyártattuk le. A középkarotázs-berendezések (K-2000 és K-3000) csörlőit tehát Lebussal szereltük fel. A 4000-es és 5000-es berendezések csörlőit sorvezetővel láttuk el. A nagy csörlők mechanikai tervezése az Intézetben (*Czeplédi István* és *Jagasics Béla*), kivitelezése külső cégeknél történt.

A 70-es évek második, ill. a 80-as évek első részében évente több mint 10 komplett K-500 berendezést adtunk el, ezért a kis csörlők gyártását kiadtuk a Karcagi Ipari Szövetkezetnek. A végső összeállítás, komplettírozás az ELGI Finommechanikai Műhelyének volt a feladata. A csörlők geofizikai bevizsgálását az Átadó Csoport végezte (*Deres János*, *Szakács Attila*, *Szép Sándor*, *Pintér József* és *Kozsa J. Gábor*).

A csörlő egyik kulcseleme a *kollektor*. Kezdetben a szovjet pulzátorok problémáin (szénkefe) tanulva bronzkefés kollektorokat fejlesztett az ELGI (*Honfi F.*, *Herbály I.*). Később a megbízhatóság növelése érdekében az Intézet Finommechanikai és Szerkesztési Osztálya vette kezébe a fejlesztést, és *Szalai J.* kifejlesztette a KEP-4 és KEP-7 nevű ezüst-paládium kollektorokat a sekély-, ill. mélykarotázs-berendezésekhez. Ezeket az ezüst-paládium érintkezőket az Állami Pénzverde

készítette relékhez, és kopásállóságuk miatt célszerű volt adaptálni a karotázscsörlőkhöz. A KEP-ek beszabályozása nem volt könnyű, igényes, hozzáértő fejek és kezek kellettek hozzá, de üzembeállításuk után gyakorlatilag problémamentesen működtek. Az utóbbi időben (a KEP-ek mellett) amerikai Hg-kollektorokat (higanyos) 4 és 6 pólusú kivitelben alkalmazunk, amelyek „fekete dobozok”.

Nem lehet vita tárgya, hogy a karotázsméréskor milyen nagy szerepe van a *mélységmérésnek*. A mélységmérés ún. „0” pontja (vonatkozási pont) a fúrások által megválasztotthoz igazodik. Ez rendszerint a forgatóasztal szintje. Kezdetben a kábelre 10, 50, 100 m-enként szigetelőszalaggal jelet vittünk fel. Egy botot (fémpálcát) pedig levertünk a földre. Amikor a jel és pálcá egy síkban volt, akkor kézzel, ill. szóban (kiáltottunk) jeleztünk, mire az operátor megnyomott egy gombot, és a jel a filmre került.

A K-500-nál és a K-300-nál korszerűbb megoldást alkalmaztunk a 70-es évek közepén. Ekkor a kardános direkt hajtást kiváltottuk léptető motorral, amelyhez megfelelő jeladó kellett. Első lépésben a négyszögtengely végén lévő szögtörő helyére került az *andimik*, azaz az inkrementális szögelfordulás-jelző. Ezt először Kozsa J. Gábor építette be az által használt mérőkocsiba és tesztelte. Minden működött, de a beépítés helye nem volt ideális, hiszen oldalt kiállt a kábeldobból, ezért könnyen megsérült. Mérés közben ki volt téve az időjárás szeszélyének (eső, pára). Nem igazán ilyen körülményekre tervezték, azért mégis használtuk. Az andimik alkalmazása a KGF 820 egység továbbfejlesztését is szükségessé tette. A léptetőjelek ide futottak be és lettek feldolgozva a regisztráló számára, valamint mélységjelként az elektromos mélységkijelző felé és természetesen a +/- irányú korrekciós gombok felé is.

A 70-es évek második felében fejlesztette ki az Intézet a korszerűbb és megbízhatóbb mélységmérőt és jeladót, az ún. *gombafejet*. A 2000 m mélységig működő csörlőig ma is ezt a gombafejet használjuk, de külön gondoskodunk a kábel egyenes bevezetéséről.

A gombafej tehát minden csörlő szerves része. A gombafej egy 360 mm kerületű tárcsa, amelynek belsejében lévő 180 fogú, belső fogazású lemezgyűrű 2 db fotodióda-fototranzisztor pár fénykapcsolatát szaggatja meg forgás közben és szolgáltat két négyszögjel-sorozatot egymással 90°-os eltolásban. A kimenő jel 500 impulzus/m sűrűség mellett a forgásirány jelét is tartalmazza. A nagy be rendezéseknél (K-3000, K-4000, K-5000) a kábelre mágnesjeleket (markereket) vittünk fel, és méréskor ezeket olvasta le egy szerkezet, és továbbította azokat a felszíni egységbe.

### 8.2.2.2. A karotázscsörlők meghajtása

Korábban már szó volt róla, hogy az ELGI-ben az 1970-es évekig kizárólag egybeépített, a gépkocsi motorjáról mechanikus kapcsolattal hajtott csörlőket alkalmaztak. Az 1970-es években két irányban indult csörlőfejlesztés: hidromotoros és villanymotoros meghajtással, melyeknél a csörlő meghajtását el lehetett választani a szállító jármű motorjától.

*Hidromotoros csörlők.* A háromfázisú hálózatról működő, állandó fordulátú villanymotor hidraulikus szivattyút hajtott. A keringetett olajjal működő hidraulikus motor változtatható kimeneti fordulatszámmal kapcsolódott a csörlődobhoz. A berendezés a terepi viszonyokhoz jól alkalmazkodott egyszerűségével és robosztus felépítésével. Hátránya volt a nagy súlya és a nem elég nagy csörlőzési sebessége, 1500–2000 m kábelhosszig alkalmaztuk. A kábelvezetése nem volt megoldott.

*Elektromos csörlők.* Az elektromos csörlők fejlesztése eleinte tirisztoros vezérléssel, kis feszültségű, kis induktivitású villanymotorral folyt, amely egy nagyméretű transzformátort és fojtótekercset igényelt. Később az ikladi IMI motorgyárral közösen kifejlesztettünk az igényeknek megfelelő soros gerjesztésű, nagy induktivitású, 220 V-os motorcsaládot az 500–1500 m kábelhossz-tartományhoz. A transzformátor és fojtótekercs elhagyásával, az egyszerű tirisztoros vezérléssel, az előzőkhöz mérten lényegesen jobb teljesítmény/súly arányt sikerült elérni. A berendezés használhatóságát emelte még a precízen működő sorvezető és a nagy pontosságú mélység-jeladó egység is.

A berendezéscsaládból – a magyar geofizikai műszergyártás leépítéséig – igen nagy darabszámban készültek példányok hazai és külföldi piacra egyaránt. Jelenleg – itthon és külföldön – számos 30 évnél idősebb korú példány működik még.

### 8.2.3. Mélyfúrás-geofizikai szondák (lyukműszerek)

A szondák a kábelfej–szondafej kapcsolatban csatlakoznak a kábelen keresztül a felszíni műszerhez. A csatlakozás korábban „koszos” volt. Ez azt jelentette, hogy a szondafejből kivezető kábel (1-1,5 m hosszú) és a csörlőről lejövő kábel végein menetes apák voltak, és ellentétes belső menetű anya húzta össze (erengként) ezeket jó mechanikai és elektromos kontaktust biztosítva. Bezsíroztuk a „koszokat”, ezután gumicsövet húztunk rájuk, majd három helyen karotázscsörlővel



kötéssel rögzítettük. Ezt az ősi módszert az olajipar gyakorlatából vettük át. Mivel ez hosszú időt vett igénybe (különösen több szonda használatakor), ezért egy gyorscsatlakozót fejlesztettünk ki, amely a KGST országokban is szabvány lett. A gyorscsatlakozó PKF-7/36, PKF-7/60 és GKF-7/36 nevet kapta, ahol „P” a páncél, „G” a gumi kábelfejeket jelzi 36 és 60 mm külső átmérővel és 7 ér összekapcsolási lehetőséggel.

A 60-as évek második felében a kábelszonda alapszondának minősült, mivel a különböző behatolási mélységből kapott fajlagosellenállás-értékek ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ) és SP bármilyen céllal mélyült fúrásban fontos paraméternek számított, és így van ez ma is. A szonda nagyon egyszerű, mert vagy a kábel ereit megszakítva három ólomelektrodát képezünk ki, vagy egy ún. szigetelt merev testre visszük fel a három (négy) ólomelektrodát ( $M_1$ ,  $M_2$ , A, B). Az utóbbi esetben nincs szükség súlyosbítóra.

A radioaktív szondák jelentős változást hoztak a terepi mérésekben és a kiértékelésben is. Az első ELGI- (MGF-) fejlesztésű szondák 220 V-ról, majd a hatvanas évek közepére 12 V-ról működtek. Először önálló doboz volt a felszíni egység, de a K-500 rendszer fejlesztésénél (1965–1975) már rackrendszerbe építették az MGF Nukleáris laboratóriumában.

A szonda detektora egy GM-cső volt, de 1968–70-ben egy- és kétcsatornás (60 mm-es és 100 °C-os és 85 mm átmérőjű és 150 °C tűrésű) szcintillációs szonda NaJ(Tl) esetén Gamma-gyártású kristályokkal folyt a fejlesztés. A hőtűró, spektrális változat szovjet együttműködésben (VNIIJAGG) valósult meg *Salamon Batur* vezetésével. A hőtűró alkatrészekén túl a legnagyobb problémát a spektrum stabilizálása jelentette. A K-500-ban használt radioaktív szondák már elismerten megbízhatóak voltak. A GM-cső gyártása az ELGI vákuumtechnikai laboratóriumában történt *Németh László* precíz munkája nyomán *Szűcs József* üvegtechnikus közreműködésével.

A fejlesztés eleinte (1965-) a szilárd hasznos ásvány (szén, lignit, ércek stb.) és vízkutató fúrások vizsgálatát szolgálta, egyrészt a természetesgamma-mérés (a litológiai tagolás és mélységegyeztetés miatt is), másrészt a jelentős számú szénkutató fúrásban a gamma-gamma-mérés (sűrűség, majd a szén minőségi paraméterei meghatározása) révén.

Az élet úgy hozta, hogy a Hódmezővásárhely-1 sz. fúrás (Hód-1), amelyet nagy mélységre (>5000 m) terveztek, meggyorsították a radioaktív gamma-szonda (KRG) fejlesztését (1968–71), mert az addigi 80 °C helyett 250 °C-ra kellett növelni a szonda hőtűrését. Sőt a neutronszendákét is 80 °C helyett 150

°C-ra, amit abban az időben az általunk alkalmazott amerikai Texlum neutron-cső tudott.

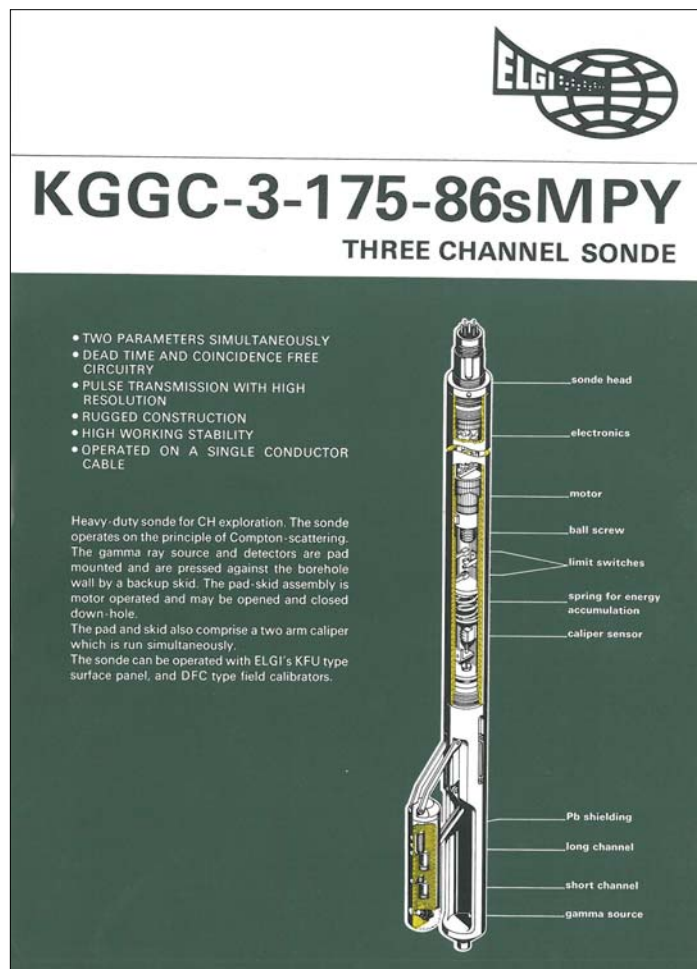
A szondaházaknak ( $\varnothing$  76 mm) és a GM-csöveknek (250 °C) is meg kellett felelniük a rendkívüli körülményeknek. Ennek köszönhetően sikeres természetesgamma-mérést végeztünk a Hód-1 olajipari fúrásban (*Liszt Ferenc*).

1970-től a nem olajipari célú gamma-szondákban már rendszeresen a szcintillációs detektorokat alkalmaztuk. A különböző, ELGI (MGF) által fejlesztett és gyártott szondák összefoglalását mutatja a Függelék IV. táblázata. A táblázatban az egyes szondákra jellemző, minden lényeges fejlesztési paraméter megtalálható. Megtudható a mérési paraméter, az alkalmazás területe, a szondatípus átmérője és hőmérséklet-tűrése, az egyidejűleg mérhető paraméterek száma stb. A szondák rövidítésének jelmagyarázata:

K – karotázs	L – fókuszált ellenállás
R – radioaktív	I – indukciós
G – gamma	A – akusztikus
N – neutron	FV – fókuszált vezetőképesség
GU – uránium	GE – energia szelektív
sG – szelektív gamma–gamma	s – szcintillációs gamma-detektor
H – H <sub>3</sub> -mal töltött proporcionális számláló, speciális jelzés	P – detektor „pad”
D – Dewar-edény	M – motorhajtású kalibermérő
Y – holtidő- és koincidenciamentes	

A nukleáris és technikai szondák amplex rendszerűek (amplitudóban multiplexált, impulzus üzemmű, tápéren történő adatátvitel), a többi szonda analóg. A táblázatban azért nem adtuk meg a fejlesztés idejét, mert sokszor nehezen meghatározható a többszöri továbbfejlesztés miatt, illetve mert a fejlesztés idejét másképpen értelmezték a műszeres és másképpen a geofizikus (módszer-tanos) kollégák. Általánosságban igaz, hogy a táblázatban összefoglalt szondák első változatai 1984-ig elkészültek. Kivétel a nyomás- és hőmérséklet-mérő KPT-2-80-43 sY (1985), a hőmérséklet-, iszapellenállás- és áramlásmérő, KTR<sub>m</sub>Q-3-80-43 sY (1986), a háromelektrodás (guard) laterolog és természetes-gammát mérő KLL3G; valamint a négycsatornás ellenállás-, SP- és természetes-gammát mérő aktív szonda KGRRSP (1988).

A táblázatban bemutatott és felsorolt szondák fejlesztésében meghatározó szerepet játszott: *Liszt Ferenc, Salamon Batur, Korodi Gizella, Békés Tibor, Bartos István, Lipcsei Ferenc, Repka Lajos, Tasnádi Henrikné Zsuzsa, Neumeister János*. A szondák terepi próbái során *Szongoth Gábor, Kasza Zoltán és Tonka Péter „szenvedett”*. Módszertani előkészítésükben *Andrássy László, Baráth István, Halmos Imre, Lendvay Pál, Dorkó Róbert és Szongoth Gábor* jeleskedtek. A KLL3G szonda (guard laterolog) *Dankházi Gyula* munkáját dicséri.



8-36. ábra. A KGGC-3-75-86-sMPY szonda prospektusa

Az indukciós karotázs fejlesztése (4FV40 szonda) szovjet–magyar műszaki-tudományos együttműködés eredménye. A moszkvai MGRI Geofizikai Tanszék vezetője *M. I. Plusznyin* és a leningrádi Érckutató Intézet tudományos kutatója, *V. P. Kalvarszkaja* volt a partnere *Baráth István*-nak (módszertan) és *Koprda Sándornak* (műszerfejlesztés). Előbbi „Az alacsony frekvenciás indukciós karotázs módszertana” c. kandidátusi dolgozatát ebben a témában védte meg Moszkvában 1977-ben.

A kis átmérőjű akusztikus karotázs fejlesztése (KAS szonda) szintén szovjet–magyar együttműködés eredményeképpen jött létre a moszkvai VNIIJAGG

(O. L. Kuznyecov) és ELGI (MGF) munkatársa, Horváth Flórián között. A fejlesztésbe a moszkvai intézet bevonta az oktyábrszkijákat (I. P. Dzebany) is.

A fejlesztés lényegében az orosz alkatrészekre épült akusztikus felszíni szonda áttervezése (továbbfejlesztése) volt a hazai és nyugati alkatrészekre. Az adó-vevő kerámiakorongjait eleinte a szovjet partnerünktől kaptuk. Mondhatjuk, hogy ez a munka valójában mégis új fejlesztésnek bizonyult. A fejlesztés eredményes volt, és akkor világviszonylatban is újnak, különlegesnek számított az alkalmazása a szilárd hasznos ásvány kutatásában. Az AK fejlesztésében komoly szerepet játszott még Takács Sándor.

Említésre került korábban, hogy 1970-től a szcintillációs detektorok alkalmazása (Salamon Batur) szondáinkban általánossá vált. Ezek hőtűrő változatban is elmaradtak a GM-csövek hőtűrésétől. A hőtűrő kristályokat (NaJ/Tl) ugyan a Gamma Művek laboratóriuma (Stéger kolléga) gyártotta, de a FEU-kat (fotóelektron-sokszorozó, Szovjetunió) és nyugatról (EMI) kellett beszerezni.

A beérkezett és leszámlált (a mért) gamma-részecskék száma lényegesen nagyobb voltak a szcintillációs detektorok esetében, mint a GM-csöves szondákban mértéké, ezért a hőtűrés növelését Dewar-edények alkalmazásával lehetett megoldani.

A szovjet–magyar együttműködés (VNIIJAGG–ELGI) eredményeképpen az MGF-en elő tudtuk állítani (Németh László) azt a Dewar-edényt, amelyben  $10^{-5}$ – $10^{-6}$  vákuum volt biztosítva. Ez a fejlesztés a közös, nagy hőmérsékletű ( $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) spektrálszonda létrehozásában valósult meg (Salamon Batur, G. A. Nyedosztup és B. A. Nyikulin).

Ezt a gondolatot tovább vittük, és a Marx Károly Közgazdasági Egyetem Technológiai Tanszékén kifejlesztettük a fém Dewart, amelynek hőkilonca („dugója”) eutektikum volt, s az általa „elnyelt hő” eredményeképpen 2-3 órán keresztül  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  külső hőmérsékleten működtek radioaktív szondáink. Ezek a fejlesztések olajipari célokat szolgáltak.

A kompenzált gamma–gamma-szondák falhoz szorító rendszerét 1980-ra fejlesztettük ki, és nagy pontosságú ( $0,05\text{ g/cm}^3$ ) sűrűségmeghatározást végeztünk szénkutató fúrásokban a 60 mm átmérőjű pados szondákkal (KRGGC-4-80-60 SMPY, 1983). Ezek olajipari változata volt a 86-os külső átmérőjű,  $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig működő KRGGC-3-75-86-SMPY szonda.

A porozitást meghatározó KRGNN-2-200-76-sHDY szonda Dewar-edénye biztosította a természetesgamma-mérést nagy hőmérsékleten. A  $\text{He}^3$ -mal töltött amerikai Texlum neutroncsövek  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ig, a szovjet gyártmányú neut-

roncsövek (SZNM) 250 °C-ig kiválóan működtek (1981). Ugyanilyen rendszerű szondák 43 mm külső átmérővel 175 °C-ig működtek, amelyeket termelés-geofizikai vizsgálatra nemcsak a hazai kőolajipar, hanem külföldi partnereink is használtak. Ezek között kell kiemelni a csehszlovák, észak-koreai és román partnereket.

A technikai szondák fejlesztésének fontos állomása volt az 1979–80-as időszak. Ekkorra fejlesztettük ki a háromkaros bőségmérőt, amely egyik legsikeresebb termékünk volt. A négykaros bőségmérő fejlesztése is sikerrel végződött, de elterjedése (ára miatt?) nem mondható elfogadhatónak.

A kombinált, komoly finommechanikai felkészültséget igénylő szondáinknál a Szerkesztés és Finommechanikai Osztály (*Szalai J., Barkó Ferenc, Csath László és Barcsa Béla*) végzett nagyszerű munkát. A szondafejlesztésben az MGF Karotázs Műszerosztályain ki kell emelni még *Lipcsei Ferenc* (pados gamma–gamma-szondák), *Repka Lajos* (neutronszondák), *Tasnádi Henrikné Zsuzsa* (technikai szondák) áldozatos, eredményes munkáját.

A táblázatban figyelmet érdemelnek még a KsGC-2-80-43 sMY szelektív gamma–gamma- és kaliber-, valamint a KRGE-1-50-36(43)XRF szondák. Az előbbi az összfémtartalom (Zeff-érzékenység), az utóbbi az egyes elemek meghatározását végzi érckutató fúrásokban. A szonda fejlesztői és alkalmazói *Békés Tibor, Morvai László és Szunyogh Ferenc* voltak.

Az egyik legfontosabb és legbonyolultabb fejlesztés a kis átmérőjű, rétegdőlésmérő szonda volt. A szonda a Mount Soprisnál alkalmazott rétegdőlésmérő elvét valósította meg (*Horváth Flórián*), mellyel kísérleti méréseket végeztünk, és ehhez a feldolgozó programcsomagot is kidolgoztuk. Hasonló lett a sorsa a digitális szonda fejlesztésének is, amely *Kőrös Zsolt* vezetésével a kísérleti példányig jutott el. A rendszerváltást követő (1991-es és 1993-as) leépítések miatt ezek a lyukműszerek már nem kerülhettek gyártásra és ipari alkalmazásra. A mélyfúrás-geofizikai műszereladás 1965 és 1993 közötti számszerű adatai (exportja) a Függelék V. táblázatában található.

#### 8.2.4. Mélyfúrás-geofizikai módszertani kutatások

1965 januárjától új igazgatója lett az ELGI-nek *Müller Pál* személyében, aki gyökeres változást hozott az Intézet kutatási-fejlesztési munkájában, így a mélyfúrás-geofizikáéban is. A témarendszer bevezetése kiemelte az egyén felelősségét az adott munkában, és fokozta a teljesítményt is, hiszen a jutalmat is ez

határozta meg. Ekkor még osztály szintű volt a mélyfúrás-geofizika, majd a hetvenes évek elején alakult ki a főosztályi rendszer, amelyet a szakmai fejlődés alapozott meg.

A módszertani kutatások a műszerfejlesztéssel együtt szorosan kapcsolódtak az ország intenzív nyersanyagkutatásához (a nehézipar szükségleteihez), amely a szilárd hasznos ásvány (szén, lignit, bauxit, színesérc stb.) és víz, illetve kis mértékben a szénhidrogén-vagyon kutatásában, megismerésében nyilvánult meg.

Az ipari kutatást mind a víz (1959), mind a szilárd ásványok (elsősorban szén, lignit és színesérc) területén 1965-ben az ELGI átadta a VIKUV-nak, az OFKfV-nek, és a bauxitkarotázst a BKV-nek (1977). Azonban a műszer- és módszertani kutatás vonatkozásában az ELGI háttérintézménye maradt valamennyi magyar vállalatnak. Hagyományaink és az intenzív mélyfúrás-geofizikai fejlesztések eredményezték, hogy a KGST országok is alapvetően a mi eszközeinket és módszereinket használták és valósították meg. Kivétel a Szovjetunió volt – bár egyrészt műszaki-tudományos együttműködés volt közöttünk –, de később a digitális technikában meglevő előnyünk miatt műszereket és (az ezekhez kapcsolódó mérő-, megjelenítőprogramok révén) módszereket is vásároltak tőlünk.

Ebben a szakaszban áttekintő képet adunk az ELGI karotázs-módszertani munkáiról az alábbi célszerű csoportosításban és részletességgel:

- 1) elektromos kutatási módszerek,
- 2) nukleáris kutatási módszerek,
- 3) az akusztikus kutatások fejlődése,
- 4) a számítógépes feldolgozás fejlődése.

Ezekben a részekben értelemszerűen összekapcsoljuk a Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázison (korábban Modell Telep) végzett kísérleti modellezési ( $M = 1:1$ ) munkákat, a különböző elméleti számításokat, a terepen tesztelt és továbbfejlesztett vagy új megoldást hozó módszertani munkákat a számítógépes mérő-feldolgozó folyamatokkal kronológiai sorrendben.

Az összeállítás terjedelme nem engedi meg a téma részletes kidolgozását, ezért a közreműködő kollégák mellett alapvető forrásanyag volt a *Bagi Róbert és Mészáros Ferenc* által összeállított „ELGI, mélyfúrás-geofizikai jelentések, összefoglalók, tanulmányok (1939–2003)” c. katalógus, amely az adattárban összegyűjtött részletes jelentésekre utal. Az adattárban lévő anyagok kölcsönözhetőek, így az érdeklődők részletes ismeretekre azokból tehetnek szert.

#### 8.2.4.1. Elektromos kutatási módszerek

A bevezetésben említettük, hogy az ipari jellegű tevékenységet a VIKUV-nak, az OFKVV-nek és a BKV-nak engedte át az ELGI. Ugyanakkor a fejlesztések továbbra is fokozott erővel folytak az Intézetben.

A hagyományos elektromos méréseket (SP, R1, R2, R3) minden fúrásban elvégezték a célszerűen kialakított különböző kábelszondákkal. Ismertek voltak az ún. tatabányai, miskolci stb. kábelszondák, amelyek MA = 0,1 m-es potenciálszondával a lignitek, széntelepek és meddőrétegek nagy felbontású vizsgálatát szolgálták. Vizes fúrásokban az olajipar területéről átvett Gulf Coast kábelszondákat alkalmaztuk. Az előbbi alkalmazását segítette az ólom súly (súlyosbító), de merevszonda-kivitelben erre már nem volt szükség, mert a szondák súlyuk miatt biztonságosan leereszthetők és felhúzhatók voltak a fúrásokban. Különböző természetű problémát jelentett a kis és a nagy ellenállású kőzetek vizsgálata. Ezért a módszerfejlesztés két irányba indult, s végződött sikerrel.

*Fókuszált elektromos mérések.* A kis ellenállású kőzetek tanulmányozására egyik legalkalmasabb elektromos módszer az indukciós karotázs. A nem szilárd hasznos ásvány vizsgálatára 1965-től az ELGI-ben intenzív kutatás folyt az indukciós vezetőképesség meghatározására olajipari céllal. Ezzel az olajipartól átkerült kutatócsoport Márföldi Gábor vezetésével foglalkozott. 1972-ben már 200 °C-on működő szondák kifejlesztését tűzték ki célul, de az egész olajipari indukciós berendezés létrehozása sikertelenül végződött nem kis mértékben a módszertani megalapozás hiánya miatt.

Ugyanakkor, 1972-ben a szilárd hasznos ásvány kutatáshoz szükség volt kis átmérőjű (43 mm) indukciós szondákra, módszertanra és feldolgozási görbeseregre. Ezt a munkát az ELGI Mélyfúrás Geofizikai Főosztálya, a Moszkvai Geológiai Kutató Egyetem (MGRI) és a leningrádi NPO Rudgeofizika együttműködésével az INTERGEOTECHNIKA programban valósította meg (*M. I. Pluszinyin, D. A. Malüsev – MGRI, V. P. Kalvarszkaja – NPO Rudgeofizika és Baráth I., Koprda S. – ELGI*).

A létrehozott görbesereg a 4FV40 típusú indukciós szondával mért elektromos vezetőképesség feldolgozására szolgál. A paletkák leszámaztatásánál felhasznált összefüggések A. Kaufman „Az indukciós karotázs elmélete” c. könyvében találhatók. Az alacsony frekvenciás indukciós karotázs módszertanát Baráth I. dolgozta ki.

Az ELGI mélyfúrás-geofizikai berendezéseihez kifejlesztett (alkalmazott) elektromos szondákat nemcsak itthon vagy a KGST országokban, de fejlődő országokban is használták, és egyre inkább felmerült az igény a mért paraméterek kvantitatív meghatározására. Ehhez nyújtott segítséget az a munka, amelyet „Görbeseregek a fajlagos ellenállás meghatározására” c. kiadványban foglaltunk össze (Baráth I., Kovács J.-né – ELGI, Drahos D., Salát P. – ELTE), és amely vonatkozik a

- potenciálszondákra,
- gradiensszondákra,
- optimális irányított áramterű szondákra,
- rövid pszeudoirányított áramterű szondákra,
- hosszú pszeudoirányított áramterű szondákra,
- mély behatolású pszeudoirányított áramterű szondákra.

A karotázsgyakorlat a hetvenes évek végén, a 80-as évek elején a mennyiségi kiértékelés felé tolódott el számítógépes feldolgozással.

A nagy fajlagos ellenállású képződmények vizsgálatára az irányított áramterű szondákat alkalmaztuk. Az olajiparban használt hételektródás laterolog adaptálását végeztük el (Márföldi G., Petőcz V.), de ez a szilárd hasznos ásvány és víz kutatására felesleges, bonyolult és drága rendszer volt. Ezért általában olajipari szállításokhoz (román, észak-koreai) gyártottuk, de a szonda átalakítása négyeres kábelhez a sikertelen fejlesztéseinkhez tartozott.

Ugyanakkor – éppen a szilárd hasznos ásvány kutatásához – fejlesztette ki *Dankházi Gy.* a fókuszált áramterű, ún. Guard laterolog szondát (LL-3). Ennél a szondánál a fókuszálást az azonos potenciálon lévő két, 1 m hosszú elektróda biztosítja. A közöttük lévő elektróda 10 cm hosszú, amely – a gyakorlati mérések igazolják – jó vertikális felbontást biztosít. A különböző (hagyományos) szondákkal összehasonlítva ugyanazoknál a rétegeknél az LL-3 valóban nagyobb ellenállásokat mér. Ez az ellenállást mérő szonda, mindent figyelembe véve, jól megfelel a szilárd hasznos ásvány és víz kutatásával szemben támasztott követelményeknek.

A későbbiekben egy gamma-detektorral (és a megfelelő elektronikával) bővítettük (*Repka L.*) kétparaméteressé a szondát, és KGLL-3 néven sikerrel alkalmaztuk és forgalmaztuk azt.

*Gerjesztettpotenciál-mérés fejlesztése (GP vagy IP).* A gerjesztett potenciál elvét először a Schlumberger cég dolgozta ki és publikálta 1920-ban. Azt tapasztalták, hogy a kőzetbe vezetett áram nem szűnik meg az áram kikapcsolása pil-



lanatában, hanem egy feltöltött kondenzátorhoz hasonlóan csökkenve éri el a nulla értéket (lecsengési görbe). Ez a jelenség különösen szembetűnő az ércek szulfidjait tartalmazó kőzetekben.

Hazánkban a gerjesztett potenciált először a mélyfúrás-geofizikában alkalmazták. Az első méréseket az ötvenes években végeztük úgy, hogy az ellenállás-mérésnél használt pulzátor egyik félperiódusában gerjesztette a kőzetet, a másik félperiódusában pedig a mérőelektródákat kapcsolta a regisztrálóra. A mérés sikertelennek volt mondható, aminek legfőbb oka az, hogy áramgenerátor alkalmazása esetén a mért potenciál nemcsak a kőzetek polarizációs tulajdonságától függött, hanem annak fajlagos ellenállásától is. Így a polarizáció okozta GP nem volt szembetűnő, hiszen az ellenállás-változás dinamikája sokkal nagyobb, mint a polarizációé (*Sebestyén K., Karas Gy., Petőcz V.*). Ugyanakkor mind a gerjesztő, mind a mérési idő rövid volt (20 ms) és ezalatt az idő alatt jelentősen zavarta a méréseket az elektródák polarizációja is.

A különböző zavaró tényezők kiküszöbölésére fejlesztettük ki (*Dankházi Gy., Horváth F., Bajzik Gy.*) a gerjesztő és lecsengő jelek digitális regisztrálására alkalmas műszert, amely a K-3000 digitális karotázsberendezés szerves része volt, és szabadalmi oltalmat kapott (a hetvenes évek közepe), majd továbbfejlesztett változatát, amely a KD-80 (MOLE) berendezésben kapott helyet (az elektromos mérő egységgel együtt 1984-ben). Ezekben a digitális berendezésekben a lecsengő jel görbe alatti területét a gerjesztő jelre normálva mértük, és kaptuk a gerjeszthetőséget vagy polarizációs szuszceptibilitást (GP). A GP nagysága és időállandója jellemző az egyes kőzetekre.

1979-ben a Börzsöny hegységben végzett érckutatás fúrásaiban, majd a recski kutatáskor végeztünk GP-méréseket, így a 80-as évek közepére KD-80 berendezéssel a gerjesztettpotenciál-mérések alkalmazása általánossá vált (*Szongoth G.*).

Módszertani megfontolások alapján a frekvencia alapú mérésről áttértünk az idő alapúra. Így a lecsengő görbékből több mintát lehetett venni. Eleinte csak két, egyenként 40 ms időtartamú mintát vettünk, amelyekből már számolni lehetett a GP időállandóját. A kialakult mérési és feldolgozási szint olyan volt, hogy a 80-as évek közepén a világ egyetlen egy cége (intézménye) se tudta mindent produkálni. Nem véletlen tehát, hogy a KTB (Kontinentale Tief Bohrungen) fúrásban ennek a mérésnek az elvégzésére több alkalommal az ELGI-t kérték fel. Fotos szerepet játszott ebben *Deres János*. A Schlumberger és a Dresser Atlas mellett, amelyeknél a többi mérést végezték, csak az ELGI volt jelen, tekintettel arra, hogy GP módszerben (és műszerben) a világszínvonalat mi képviseltük.

Speciálisan a KTB fúrásban végzett GP-mérésére kifejlesztett KIP-91 műszer már gyakorlatilag tetszőleges számú mintát vett mind a gerjesztő, mind a lecsengő jelből és dolgozta fel azokat. A terepi módszertani vizsgálatok tehát beépültek a műszeres egységbe, s így a feldolgozás, értelmezés megbízható eredményeket hozott. A KTB által végzett fúrásban néhány fontos értelmezési tapasztalat, megállapítás született (*Zilahi-Sebess L.*):

- a. A nagy GP indikációk főleg tektonikai zónákhoz és grafitosodáshoz kapcsolódtak, amelyek az érckutatáshoz hasonlóan nagy időállandót jelentenek.
- b. Az elsődleges porozitású kőzetekben az időállandó jóval kisebb, a jel sokkal gyorsabban lecseng. Ez elsősorban a szemcsék felületén található abszorpciós kettős rétegekhez kapcsolódik. A polarizáció létrejöttében fontos, hogy a töltéssűrűség eleve egyenetlen a pórusterben. Minél több az ionos felületen kötött víréteg, annál nagyobb GP-re lehet számítani, de csak akkor, ha szabad víz is van. Ezért a jelenség a tiszta agyagokban szinte egyáltalán nem jön létre, mivel az agyagokban csak kötött víz van, tehát a töltéssűrűség egyenletes. A maximális polarizálhatóság 5–15% agyagtartalomnál jön létre, és agyagásványonként változik.
- c. A gerjesztett potenciál (GP) a kötött vízzel és a fajlagos felülettel kapcsolatos jelenség, ezért az olajipari szakemberek érdeklődése nem véletlen, mivel ezekből és a porozitásból becsülhető a kőzetek hidraulikai áteresztőképessége.

Az olajipar 1990-ben szerződést kötött az ELGI-vel a GP alkalmazhatóságának vizsgálatára a szénhidrogén-kutató fúrásokban. Az összeállított értékes tanulmány *Zilahi-Sebess L.* munkája. A gerjesztett potenciál (GP) elméleti és gyakorlati munkáiban meghatározó, kiemelkedő szerepet játszott *Dankházi Gyula*, aki elméleti tanulmányáért 1990-ben a Log Analyst különdíját is megkapta. A terepi módszertani mérés és értelmezés területén *Bán I.*, *Szongoth G.*, *Zilahi-Sebess L.*, *Kasza Z.* és *Tonka P.* alkottak maradandót. A rosszabbodó gazdasági és pénzügyi feltételek, valamint *Bán I.* és *Dankházi Gy.* halála után a GP-fejlesztések lassan megszűntek.

#### **8.2.4.2. Nukleáris kutatási módszerek**

Már az 50-es években folytak nukleáris módszertani kutatások az ELGI-ben. Ez a kutatási terület az ELGI (Mélyfúrás Geofizikai Főosztály, MGF) egyik legfon-

tosabb tevékenysége volt. Mind a módszer, mind a műszerkutatás területén a radioaktív módszerek kiemelkedő szerepet kaptak, és a legsikeresebb kutatási területnek bizonyultak.

A módszertani kutatások négy területet öleltek át, ezek:

- laboratóriumi radioaktív vizsgálatok,
- modellvizsgálatok,  $M = 1:1$ ,
- elméleti számítások,
- terepi módszertani kutatások.

Ezek a munkák kiterjedtek a természetesgamma- (TG), a gamma–gamma- (GG), a neutronterek vizsgálatára spektrális vonatkozásban is. A kutatások összességében a szilárd hasznos ásványokra, vízre és szénhidrogénekre irányultak. A szilárd hasznos ásványok kutatása kisebb követelményű eszközöket igényelt (pl. 80 °C-os szondák), de a kis átmérőjű fúrások (46, 59, 76, 86 mm) nehezítették a probléma megoldását, hiszen olyan áramköri elemeket kellett alkalmazni, amelyek lehetővé tették 36, 43, 60 mm átmérőjű szondák fejlesztését. További nehézséget jelentettek a detektorok, amelyek közül a GM-csőket saját vákuumtechnikai laborunkban fejlesztettük ki és gyártottuk (*Németh László*), ugyanakkor a neutrontektorokat külföldről (USA, később Szovjetunió) vásároltuk. Mindezek a laboratóriumi alapozó kísérleteknél problémát nem jelentettek. A szcintillációs detektorokat a Gamma Művektől szerezhettük be. Így nem volt akadálya, hogy a radioaktív fúrólyuk-szelvényezés alapozó kutatásai már a 60-as évek elején elkezdődjenek (*Tatár J., Béres B.-né., Szunyogh F.*)

*Természetesgamma-kutatások.* A különböző kőzetek radioaktivitásának vizsgálata laboratóriumi körülmények között megalapozta az eszközök (szondák) létrehozását, amelyek kalibrálását (hitelesítését) eredeti kőzetmodellekben végeztük. Mindez szükségessé tette olyan Modell Telep létrehozását, amely sokoldalú vizsgálatot tett lehetővé. Természetesen ez fokozatosan, tervszerűen történt, amíg a Modell Telepből Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázis (MKMB) lett.

Spektrális és integrális természetesgamma-módszerek alapelvonjai különböző kálium- (K), urán- (U) és thorium- (Th) mennyiséget tartalmaznak %-ban, ill. ppm-ben. Ezek egy-egy aknában több rétegben vannak elhelyezve, figyelembe véve a természetes kőzetekben előforduló maximális sugárzóanyag-mennyiségeket.

A szondákhoz terepi hitelesítők tartoznak, amelyek a gamma-sugárzást mérő csatornák ellenőrzésére szolgálnak. A hitelesítő kettős falú PVC henger,

amelynek átmérője 200 mm, a belső henger alkalmazkodik a szonda átmérőjéhez (>43, >60, >86 mm-nél). A külső hatás csökkentése céljából a belső falak 2 mm vastag ólommal vannak borítva. Hitelesítéskor a szondát – tovább minimalizálva a külső zavaró tényezőket – bakra helyezzük.

A módszerfejlesztési munkák célszerűen folytak a 60-as évek közepétől, de valamilyen fontos tényező miatt gyakran változtatni kellett ezen a célszerűségeen. Ilyen volt pl. a HOD-1 fúrás, amely ~6000 m-ig mélyült, és több mint 200 °C volt a talphőmérséklete. 1971-ben sikeres integrális TG-mérést végeztünk benne GM-csőves szondával.

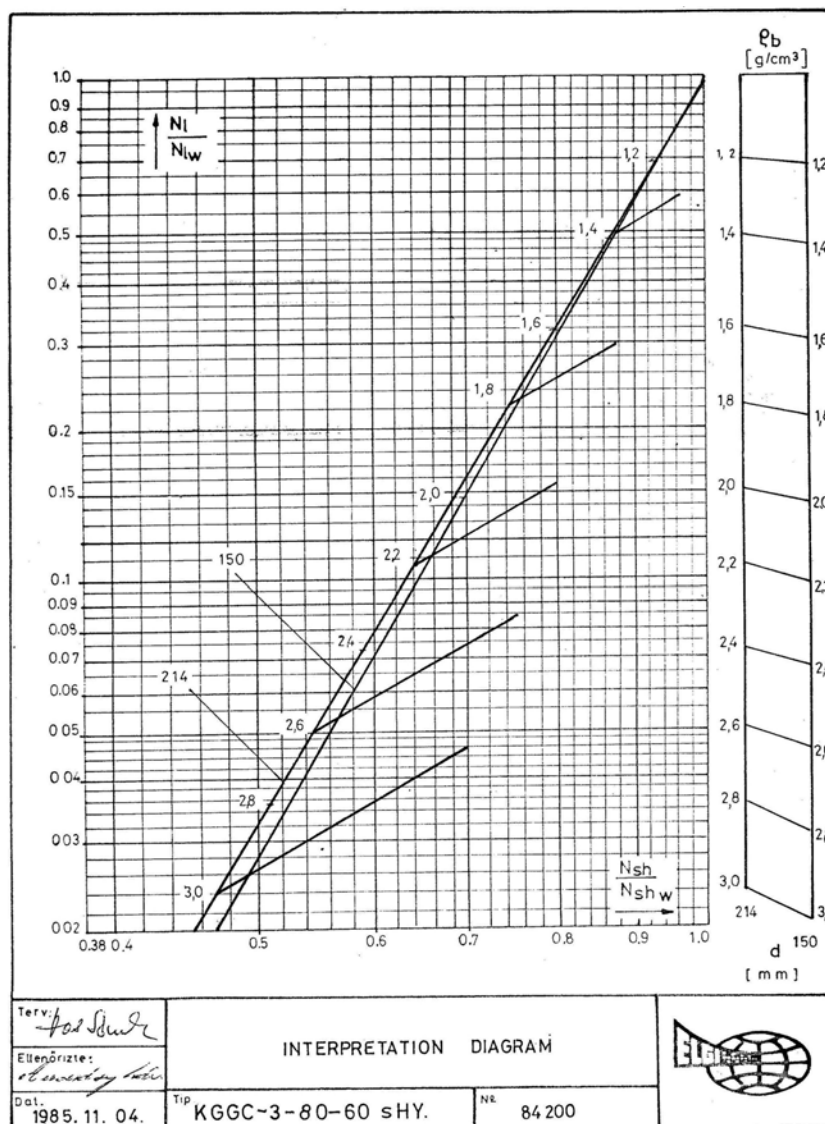
A természetesgamma-mérés fontosságát kiemelve, nyersanyag-féleségtől függetlenül, az elektromos fajlagos ellenállással együtt alpmérésnek számít mint a litológiai tagolás egyik fontos módszere. Ezen túlmenően a spektrális TG-mérésekből (bauxit, szén, riolittufa stb.) genetikai következtetéseket is le tudtunk vonni. Az agyagfajták elkülönítése, azok kapcsolata a porozitással és szivárgási tényezővel az olajiparban is nagy jelentőséggel bír. A feladat megoldásában az hátráltatott bennünket, hogy 80–100 °C-nál nagyobb hőmérsékleten a szcintillációs detektorok problémák sorát vetették fel. Ugyanakkor néhány fúrásban (Szeghalom, Kismarja, Penészlek) sikerült „lefele menet” kísérleti méréseket végezni (~130°C körüli talphőmérséklet!). A megoldást a fém Dewar alkalmazása és a spektrum stabilizálása hozta volna meg. A kísérletsorozat befejezését sajnos megakadályozta az olajipar világbanki kölcsönének felvétele, ezen – többek között – jól működő Dresser-eszközöket vásárolhattak.

A spektrálisgamma-mérések eredményesen folytatódtak a Radiológiai Laboratóriumban, ahol az aktivációs analízist nemcsak a bauxit elemzőkben (MTA-1527) alkalmazták (*Tatár J., Renner J., Siklós A., Nagy A., Sinóros Sz., Lórántné, Bennő Kálmán, Laki Andor*), hanem a különböző kőzetminták analíziséhez is.

*A gamma–gamma módszer fejlesztése.* A hazai nyersanyagkutató (elsősorban szén, lignit, érc) egyik legfontosabb mérési eljárása volt a gamma–gamma-mérés, amelynek eredményeképpen a harántolt képződmények térfogatsúlyát, ill. összfémtartalmát határoztuk meg. A sűrűségszelvényezés terén több alapvető módszertani feladatot kellett megoldani:

- az alkalmazott izotóp kiválasztását,
- hatékony árnyékolás megvalósítását,
- a szondahossz optimalizálását,
- a szondakonstrukció elemzését, módosítását (egycsatornás, kompenzált),
- modellhitelesítéseket, -ellenőrzéseket.

A gamma-gamma módszer fejlesztésnek megoldásait elsősorban az olajipari alkalmazástól próbáltuk átvenni, de ez a fejlesztés jóval későbbi stádium-



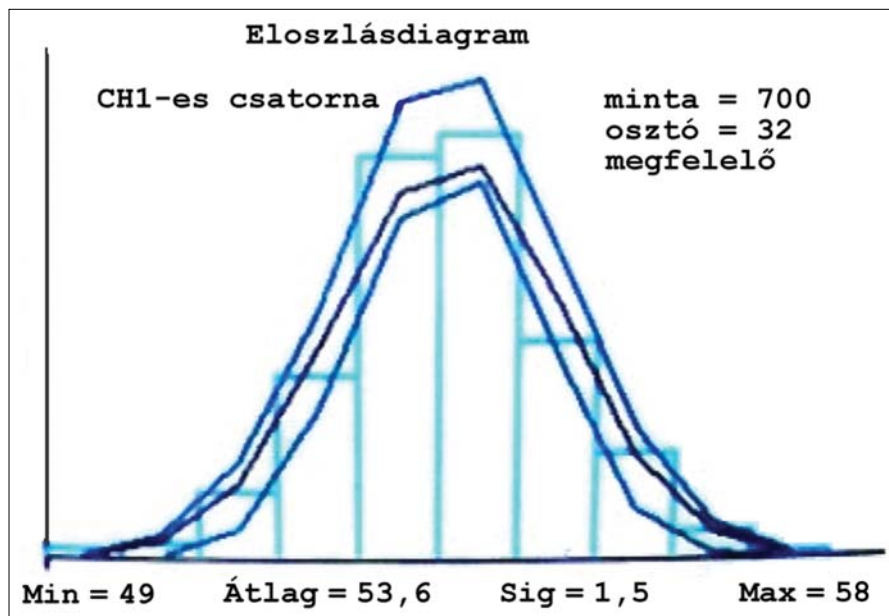
8-37. ábra. Kompenzált GG-szonda kiértékelő és korrekciós görbéi

ban kapott jelentőséget. Ugyanis a szilárd hasznos ásvány és víz kutatása egészen más problémákat vetett fel. A kis átmérőjű fúrásokban (gyémánt koronával mélyítették ezek egy részét) általában elárasztott zónával nem találkozunk, vagy az iszap hatásának vizsgálata leegyszerűsödött.

Laboratóriumi és modellmérések egyaránt folytak, de meghatározó volt a metrológiai modellezés  $M = 1:1$  léptékben, valamint annak terepi módszertani következményei, visszahatásai.

Az alkalmazott izotóp kiválasztásának első fázisa a  $\text{Co}^{60}$ -nal, majd a  $\text{Cs}^{137}$ -tel történt kísérletek elvégzése, valamint ezek erősségének meghatározása. Céljainknak legjobban megfelelőnek a  $\text{Cs}^{137}$  bizonyult, s ezt alkalmazzuk napjainkban is. Az alkalmazott forrás erőssége 30–70 mCi (2,66 GBq) volt. Ezekhez megfelelő szállítókonténert is fejlesztettünk, ill. gyártottunk (Lendvay Pál).

A szondahossz-beütésszám összefüggést különböző sűrűségű és átmérőjű modellekben mértük ki a különböző típusú szondákra (Andrássy L., Baráth I.). Ennek alapján választottuk ki az egy szondahosszas, illetve két szondahossz-



8-38. ábra. Szondaidentitás vizsgálata matematikai statisztikai alapon

szas radioaktív szonda modelljét (160 mm, ill. 380 mm) műszeres megvalósításra. A két szondahosszas ún. kompenzált gamma–gamma-szondát olajipari célra is kifejlesztettük, amelyet nemcsak hazánkban, de a többi szocialista országban is sikerrel alkalmazták a térfogatsúly meghatározására.

A 8-37. ábra egy kompenzált GG-szonda kiértékelő és korrekciós görbéit mutatja: a hosszú szonda vízre normált beütésszám-értéke, a rövid szonda vízre normált beütésszám-értéke függvényében a térfogatsúly és átmérő paramétereinek viszonylatában (változásánál).

A szondakonstrukció kialakítása és módosítása a sugárforrás kollimálásának és az árnyékolás megoldásának kérdéseit tisztázta. A gamma–gamma terepi hitelesítőknak (DFC) fontos szerepe van a megbízható, hiteles mérések megvalósításában (*Lendvay P.*). Az egyponthoz terepi hitelesítőt (metamid etalon) *Szongoth G.* vezette be a terepi méréseknél. Ugyan ilyen jelentős szerepe volt az azonos típusú szondák identitás vizsgálatának (*Halmos I.*) a matematikai statisztika (eloszlásfüggvény) alapján (8-38. ábra). A gamma–gamma módszertani fejlesztések főbb szereplői *Andrássy L., Baráth I., Dorkó R., Lendvay P.* és *Vas Sándor* észlelő voltak.

A szelektív gamma–gamma-mérés. A szelektív gamma–gamma-fejlesztés fontos és különleges szerepet töltött be az ELGI karotázisfejlesztésében. A módszer-, műszerfejlesztés meghatározó szereplői voltak *Morvai László, Viola Balázs* (módszer), *Békés Tibor* (műszer) és *Karas Gy., Szunyogh Ferenc* (terepi módszertani kutatás, tesztelés).

A 70-es évek végén és a 80-as évek folyamán a borsosnyói és recski érckutatás idején jelentős szerepe volt a szelektív gamma–gammának, majd a röntgenradiometriának. A kísérleti mérések már 1968–69-ben elindultak az OFKFKV-ben. *B. Szabó L.* kidolgozott és alkalmazott egy kontaktpotenciál-szondát (merek vagy kábelszonda) az ércesedési szakaszok meghatározására és „típusának becslésére”, de ez sokszor nem jelezte az ércesedést „kontaktus” hiányában. Sikeres példa volt a módszer alkalmazására az Rm-50-es fúrás, míg sikertelen az Rm-62-es. A mérést Zn elektródapárral végezték pirit, kalkopirit és galenit ásványok kimutatására.

Szintén az OFKFKV (*B. Szabó L.*) alkalmazta ezekben a fúrásokban a „redoxpotenciál”-mérést, amelyet átvett az ELGI is szulfidos ércek kutatására. Oxidálószerként hidrogén-peroxidot használtak. Az oxidálószer fúróiszapba kerülése előtt és után PS-mérést kellett végezni. A fémes szakaszok jól oxidálódnak, a meddők nem. A módszer az érces szakaszok globális kijelölésé-

re volt alkalmas. A kontaktpotenciál bizonytalansága, illetve a redoxpotenciál körülményessége készítette az ELGI-t a szelektív gamma–gamma módszer kifejlesztésére, amely az összfémtartalom (Zeff) kimutatására megbízhatóbb és elegánsabb. A szonda szcintillációs detektorral (NaI/Tl) működik 43 mm külső átmérőjű, műanyag házban (a kis energiájú szórt gamma miatt), motoros falhoz szorítóval (a bőséget is méri). Sugárforrás  $37 \times 10^8$  Bq (10 mCi) intenzitású  $\text{Am}^{241}$ . Korábban  $\text{Se}^{75}$ -tel is kísérleteztek.

Nagyszámú tesztmérést végeztünk különböző érces fúrásokban (*Kozsa J. Gábor, Harnos Gyula*), és bebizonyosodott, hogy a fotoeffektuson alapuló szelektív gamma–gamma jól jelzi az érces szakaszt. Külön megnyugtató volt ez ott, ahol a laborvizsgálatok és szelektív gamma–gamma-mérések kiválóan egyeznek (Rm-48). Aktivációs analízissel (Po-Be forrás) is kísérleteztünk a réz kimutatására, ebből több értékes tanulságot lehetett levonni.

Az érces szakaszok elemtartalmának meghatározására – jól definiált feltétel mellett – a röntgenradiometria (XRF) alkalmas. Ez a módszer – bár inkább laboratóriumi eljárás – sokat jelentett az érckutató-fúrások vizsgálatánál.

A Radiometriai Laboratóriumban már 1973-ban folytak a recski minták vizsgálatai neutronaktivációval (Cu) és XRF módszerrel (Al, Mn, Si, Na). 1976-ban KGST programban 18 tengeri üledék röntgenfluoreszcens vizsgálatát végezték el (*Renner J.*) a recski etalonok (Cu, Zn), a Fémipari Kutatóintézet bauxit mintái ( $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) és a telkibányai etalonok ( $\text{K}_2\text{O}$ ) alapján.

1979-ben a csendes-óceáni expedíció keretében *Renner J.* vas-mangán konkréciók, iszapminták Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn és Sr vizsgálatát végezte NAA és XRF berendezésekkel. 1980-ban nagygyházi szenek  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  meghatározását is végezték a Laborban NAA és XRF berendezésekkel és vizsgálták kapcsolatukat a hamutartalommal. 1990-től megkezdődtek a gamma-spektroszkópiai mérések HPGE detektorral. Ezt a NAA és XRF mérésekkel kombinálva egyre gyakrabban használjuk a környezet állapotának felmérésére (balatoni fúrásminták, BKV, BVM Illatos úti telep, 1993-tól MÁFI-val Országos Geokémiai Felmérés).

A bőséges és sokoldalú laboratóriumi tapasztalat mellett specifikus problémák sorát kellett megoldani fúrólyukviszonyok mellett, beleértve a bányabeli fúrásokat is (*Karas Gy.*). A módszer és szonda elkészült, sőt a hordozható XRF analízátor is (KFX-2-12) minták bányabeli vizsgálatára. A szonda 36 és 43 mm átmérőben, proporcionális számlálóval (a proporcionális számlálókkal kb. háromszor jobb felbontás érhető el, mint a szcintillációssal), Be-ablakkal (1 mm vastag),



motoros szűrőpármozgatással elkészült. A gerjesztő sugárforrás  $\text{Pu}^{238}$  (30 mCi) és  $\text{Am}^{241}$  1,1 GBq (30 mCi)

Mint ismeretes, a karakterisztikus röntgensugárzás hullámhossza az anyagra jellemző, intenzitása az anyag (elem) mennyiségével arányos. A szonda csővezetlen, száraz, tiszta, sima felületű fúrásban használható. A cserélhető mechanikus szűrőpárral a zavaró tényezők jól kiszűrhetők: Cu-nál (Fe és Zn), Zn-nél (Cu és Fe). Ugyanis „kiegyenlített” szűrőket alkalmaztak. Ez azt jelenti, hogy egy sáváteresztő rendszert képeztek ki, amelyet a mérni kívánt elem karakterisztikus röntgensugárzásához illesztettek.

Összefoglalva, tehát az érckutatás metodikája: a kutatás során mért paraméterek közül kiválasztjuk a szelektív gamma–gamma-felvételt. Kijelöljük az érces szakaszt (ebből a geológusok számára a mintavételezés helyét), majd XRF-vel – egy proporcionális számlálóval, állítható sugárforrás-tárolóval, a felszíni egységről vezérelhető szűrőpárral – energiaszelektív mérés végezhető. Kiegyenlített szűrőkkel csak pontmérés valósítható meg.

Az érckutatások visszaszorulásával a fejlesztés a fentiek szintjén megállt. Voltak próbálkozások más területen is. Például a Mátraaljai Szénbányákkal kötöttünk szerződést a lignit hamutartalmának meghatározására szelektív gamma–gamma módszerrel. A vizsgálatok azt bizonyították, hogy a szelektív gamma–gamma alkalmas a hamutartalom meghatározására is. Itt kell megjegyezni azonban, hogy a laboradatok a legjobb korrelációt a sűrűségmérést végző gamma–gamma-szondával adták.

*Neutronmódszerek kutatása, fejlesztése.* A neutronmódszerek fejlesztése a gamma–gammával (sűrűség) egy időben indult el. A Modell Telepen létrehoztuk az ún. üvegcső-modellt, amelyben tetszőleges porozitás volt előállítható az üvegcsövek tartalmától (üres levegő, víz és kvarchomok) függően. Az üvegcső-modellen folytatott kísérletek *Andrássy L., Mészáros F. és Uhlmann N.* nevéhez fűződnek. A módszerrel a porozitást határoztuk meg. A módszertani munkák szisztematikusan folytak.

A kipróbált módszerek:

- neutron–gamma módszer, amely nem bizonyult hasznosnak a szilárdásvány- és vízkutatás területén, mivel a visszaszórt neutronfluxus és a visszaszórt- $\gamma$ -beütésszám és a porozitás egymáshoz képest fordítottan változnak,
- neutronaktivációs analízis (NAA) sikeres próbálkozás volt, itt ugyanis a neutron (neutron–gamma) magreakcióból származó gamma-fotonokat

regisztráltuk. Ezt a módszert *Tatár János, Renner János és Siklós Albert* sikeresen alkalmazta a bauxitkutatásban (MTA-1527) nemcsak laboratóriumban, de a bányában is Al/Si meghatározásra. A berendezést és a módszert a hazai bauxitbányákon kívül nagyon sok országban használták eredményesen (Franciaország, Svájc, Szovjetunió, Vietnam, Románia, Jamaica stb.). Sikerrel alkalmaztuk a mélyfúrás-geofizikában is. Míg laborban Am–Be forrásokot használtunk (10–15 Ci), addig a fúrásokban elsősorban Cf<sup>252</sup> forrást. Az előbbi előnye a spektrum eloszlásában és a nagy felezési időben van, addig az utóbbi viszonylag gyorsan bomlik, de nagyságrenddel kisebb erősségű izotópot alkalmazhattunk.

- neutron–neutron módszernél a beütésszám – az inverziós szondahosszon túl – monoton kapcsolatban van a porozitással.

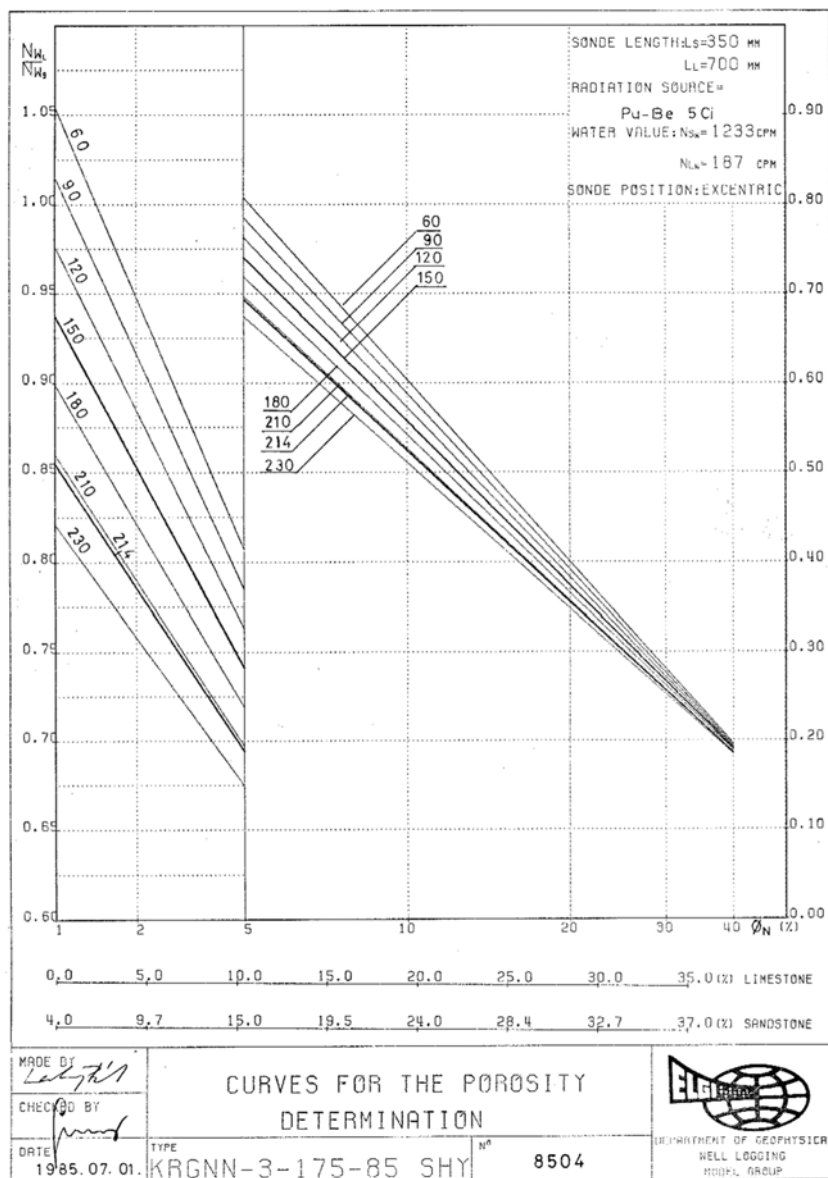
A módszertani munkáknál megvizsgáltuk a különböző neutronforrásokat. Ezek: a Pu–Be, Po–Be, Am–Be. Minden szempontot figyelembe véve az Am–Be bizonyult a legjobbnak. Ma is azt alkalmazzuk (az olajipar is). A különböző viszonyokat figyelembe véve 1, 3, ill. 5 Ci (185 GBq) erősségű forrásokat használtunk.

A Modell Telep további fejlődése azoknak a természetes kőzetekből álló modelleknek a létrehozása (*Andrássy L., Baráth I.*), amelyekkel el lehetett végezni az alapvető vizsgálatokat:

- a szondahossz-vizsgálatok a 30–90 cm-es intervallumban,
- a szondahossz-beütésszám összefüggés kimérése a porozitás függvényében,
- az „iszaplepeny” hatásának meghatározása.

Ahhoz, hogy az etalonokban vizsgáljuk a szondákat, alapvető volt a hosszan tartó (több órás, néhány napos) stabilitásmérés és a szondatípus azonosságának vizsgálata. A matematikai statisztikai elven működő hitelesítés-ellenőrző és -minősítő rendszert dolgozott ki *Halmos I.* (8-38. ábra.). Ennek alkalmazása lehetővé tette, hogy azonos típusú szondákra ugyanaz a feldolgozási görbesereg legyen érvényes. A fenti módszertani munkák alapján meghatároztuk az optimális szondahosszat egy- és kétparaméteres (kompenzált) neutronszondához (350 mm, ill. 650 mm).

A Modell Telep Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázissá válása (bővült az etalonok száma) azt jelentette, hogy a mészkő és homokkő mátrixú, különböző fúrólyuk-átmérőjű (150, 214 és 300 mm) etalonokban szénhidrogén- és vízkutatói célból a fenti vizsgálatokat el lehetett végezni. Eredményként a 8-39. ábrán látható összefüggéseket mérték ki.



8-39. ábra. A porozitást meghatározó görbesereg a Kútgeofizikai Metrológiai Bázis méréseihez

A szilárd hasznos ásványok kutatására használt szondák vizsgálatát még kiegészítettük a kis átmérőjű (800 mm) alapetalonokban (59, 83 mm fúrólyuk-átmérő) végzett méréssorozattal. A szondák terepi ellenőrzésére – mérés előtt és után – dolgoztuk ki az NFC ellenőrzőt (NFC-76, 1981). Itt két elgondolás is jónak látszott: a) egyponthitelesítő, b) kétpontoshitelesítő.

Az egyponthitelesítő terepi ellenőrző *Szongoth G.* javaslata volt, és ezt alkalmazták a lyukméréseknél. A mindenkori számlálási szintet egy kis izotóppal (ugyaolyannal, mint amellyel mérték, de 500-szor kisebb intenzitásával) határozták meg (ellenőrizték). Hitelesítéskor az ellenőrző izotópot közvetlenül a detektor fölé helyezett erős neutronlassítási tulajdonsággal rendelkező henger mélyedésébe helyezik. A sugárbiztonságon kívül előnye ennek az ellenőrzésnek a kis környezeti hatás. A kétpontoshitelesítésnél ugyanazt az izotópot használjuk, mint a mérésnél. A környezeti hatás csökkentése céljából kb. 1,5 m magas bakra helyezzük a szondát az NFC-vel együtt.

*A neutrontér spektrális vizsgálata.* A neutronszondák fejlesztésének az adott lendületet, hogy a 60-as évek közepén már hozzáférhetővé vált számunkra, az amerikai Texlum n-detektor, amely nagyon drága volt. A különböző abszorbensek hatáskeresztmetszete általában energiafüggő, és többnyire a termikus tartományba esik. Ezért vetődött fel a spektrális neutronszelvényezés kérdése.

Kezdetben a (80-as évek elején) a Texlum-csövet Cd-lemezzel vontuk be, hogy tisztán epitermikus fluxust mérjünk. A kísérlet kecsegtető volt, de a kis beütésszám sok problémát vetett fel. A 80-as évek második felében megjelentek az SzNM típusú termikus neutron számláló (szovjet) detektorok is, amelyek 250 °C-ig működtek. Ezek mind az olajipari kutatásban, mind a szilárd hasznos ásvány kutatásában jelentős változást hoztak.

Már a hetvenes évek második felében folytak a rendszeres modellvizsgálatok a H-index meghatározására. Ezeket a vizsgálatokat tetszőlegesen végtelen vastag rétegre, tetszőleges fúrólyuk-átmérőre stb. elméleti számításokkal terjesztették ki. A neutronterek tanulmányozása egy- és kétcsoportos, valamint négy-csoportos diffúziós egyenletekkel (*Draho D., Cserepes L., Andrassy L.*) a modellezéssel együtt általánossá tették a kifejlesztett eszközök használatát. Ugyanakkor a porozitás meghatározása után (és mellett) célul tűztük ki a sokdetektoros („N” detektor) neutron-neutron-szelvényezés módszertani és műszeres kidolgozását a neutrontér főbb paramétereinek meghatározása céljából, úm. az  $L_{f1}$  fékezési úthossz,  $L_d$  diffúziós úthossz,  $L_m$  migrációs úthossz,  $L_{me}$  effektív migrációs úthossz,  $\Sigma_{at}$  termikus abszorpciós hatáskeresztmetszet (*Andrassy L.*).

A kifejlesztett szondában a sok detektor „alkalmazása” céljából a detektor távolsága cm-ként változtatható (28,5–68 cm-ig). A kísérletek eredményeként a négy szondahossz elegendő az optimális mérések elvégzésére, a neutronfizikai paraméterek meghatározására, amelyekből főkomponens analízis végezhető. Ez a munka a 90-es évek elején abba maradt, mivel a társadalmi, gazdasági változások az Intézet leépítéshez (1991, 1993) vezettek. Ennek egyik áldozata lett a Mélyfúrás Geofizikai Főosztály, amelynek egyes részei kft. formában vitték tovább a karotázsmódszer, -műszer fejlesztését (Geo-Log Kft., Geoport Kft.).

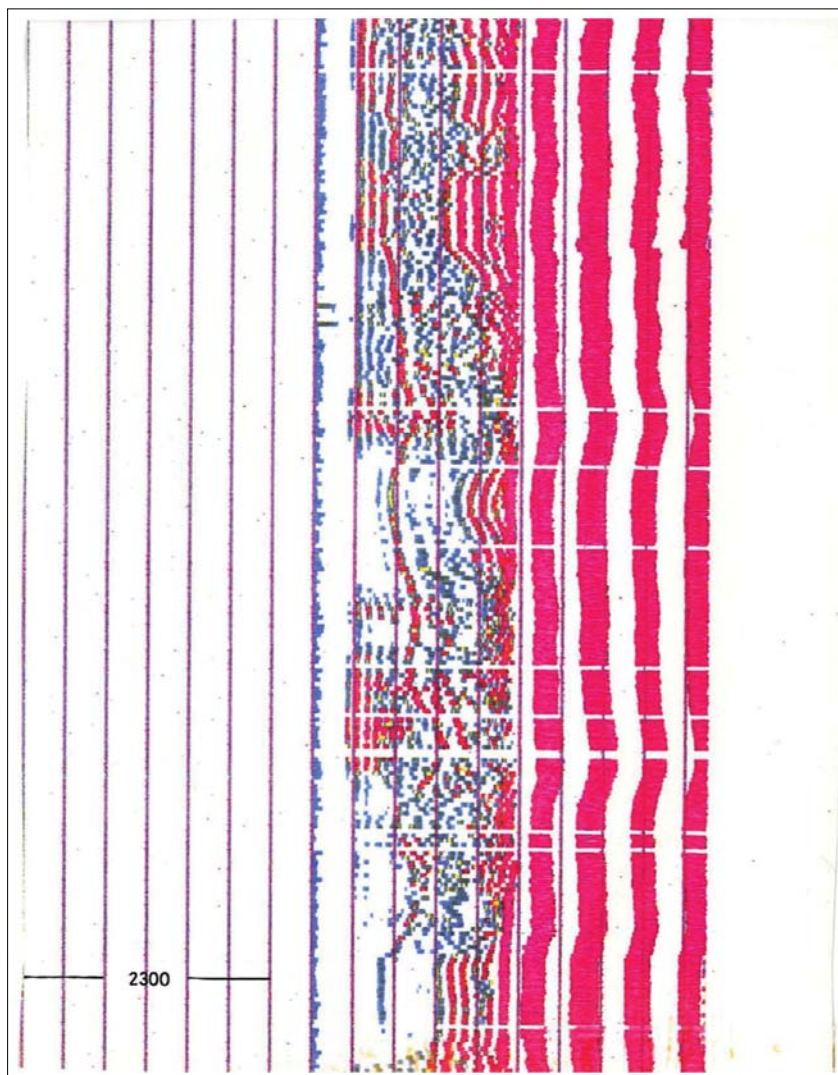
#### 8.2.4.3. Az akusztikus kutatások fejlődése

Az akusztikus mélyfúrás-geofizikai kutatások lényege, hogy a különböző kőzetekben terjedő rugalmas hullámok sebessége különböző. A longitudinális (vagy kompressziós) hullám sebessége ( $V_p$ ) és a tranzverzális (nyíró) hullám sebessége ( $V_s$ ) más az egyes kőzetekben, valamint igaz az, hogy a  $V_p > V_s$ .

Az akusztikus karotázs sokféle felhasználhatósága (litológia, porozitás, cementpalást és pórustér-tartalom stb. vizsgálata) miatt már az 50–60-as években elterjedt. Hazánkban az OKGT és ELGI 1969-ben vásárolta meg az NDK-ban kifejlesztett USBA berendezést. A különböző módszertani vizsgálatok (hullámkép filmre történő rögzítése fényképezőgéppel, a  $V_p$  mérése, cementszelvényezés stb.) sok tanulsággal szolgáltak (Karas Gy.). Nem véletlen, hogy egyrészt a hazai olajiparnak, másrészt a szovjet partnernek az akusztikus karotázs iránti érdeklődése miatt az ELGI fantáziát látott a teljes akusztikus hullámkép digitális rögzítésében. 1978-ban a VNIIJAGG (VNESTECHNIKA) és az ELGI (TESCO) közötti szerződés értelmében kipróbáltuk a hazai szénhidrogénre mélyített fúrásokban az AKN (ZVUK-2) széles sávú AK komplexumot, mágnesszalagra rögzítettük a hullámképet, és feldolgoztuk ugyanabban a fúrásban felvett többi (elektromos, nukleáris stb.) paraméterrel együtt (O. L. Kuznyecov, Baráth I., Békássy Cs.). A fúrások mélysége nem haladta meg a 3000 m-t, hőmérséklete  $<170$  °C-nál. Az elvégzett többi méréssel (elektromos, nukleáris) együtt az akusztikus vizsgálat (teljes hullámkép,  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $A_r$ ,  $A_p^{\max}$ ,  $A_s^{\max}$ ,  $V_p/V_s$ ) segítségével levonható következtetések:

- a használt mérési komplexum alkalmas a metamorf kőzetek vizsgálatára,
- meggyőzően kijelölhetők a termelésre alkalmas rétegek,
- terrigén zónákban az AK alkalmas a pórusteret kitöltő anyag (olaj, gáz) meghatározására,
- megállapítható a kristályos alaphegység határa,
- az akusztikus mérés segíti a szeizmikus kutatás értelmezését.

Az igazi fejlődést az akusztikus kutatásban az adta, amikor 1977-ben elindult az INTERGEOTECHNIKA program a számítógéppel vezérelt karotázsállomás (KD-20) szondaparkjának bővítése céljából. A szovjet társintézettel (VNIIJAGG)



8-40. ábra. Akusztikus karotázsmérés hullámképe

elsősorban a náluk meglévő tapasztalat (pl. piezoelektromos kerámia adó-vevők) alapján, korszerű elektronikai alkatrészek felhasználásával kifejlesztették a KAS-2 műszert szilárd hasznos ásvány kutatására. A kis átmérőjű szonda (43 mm) ugyan bizonyos korlátokat jelentett, de előny volt, hogy nem kellett foglalkozni a hőtűréssel, a nyomásállósággal, a sűrű iszappal. A lyukműszer a fúrólyuk tengelyében, centrikusan volt tartható egyszerű gumi „bajuszok” segítségével. A szonda háromelemes (két adó, egy vevő) volt 0,5 m bázistávolsággal és 1 m, valamint 1,5 m szondahosszal.

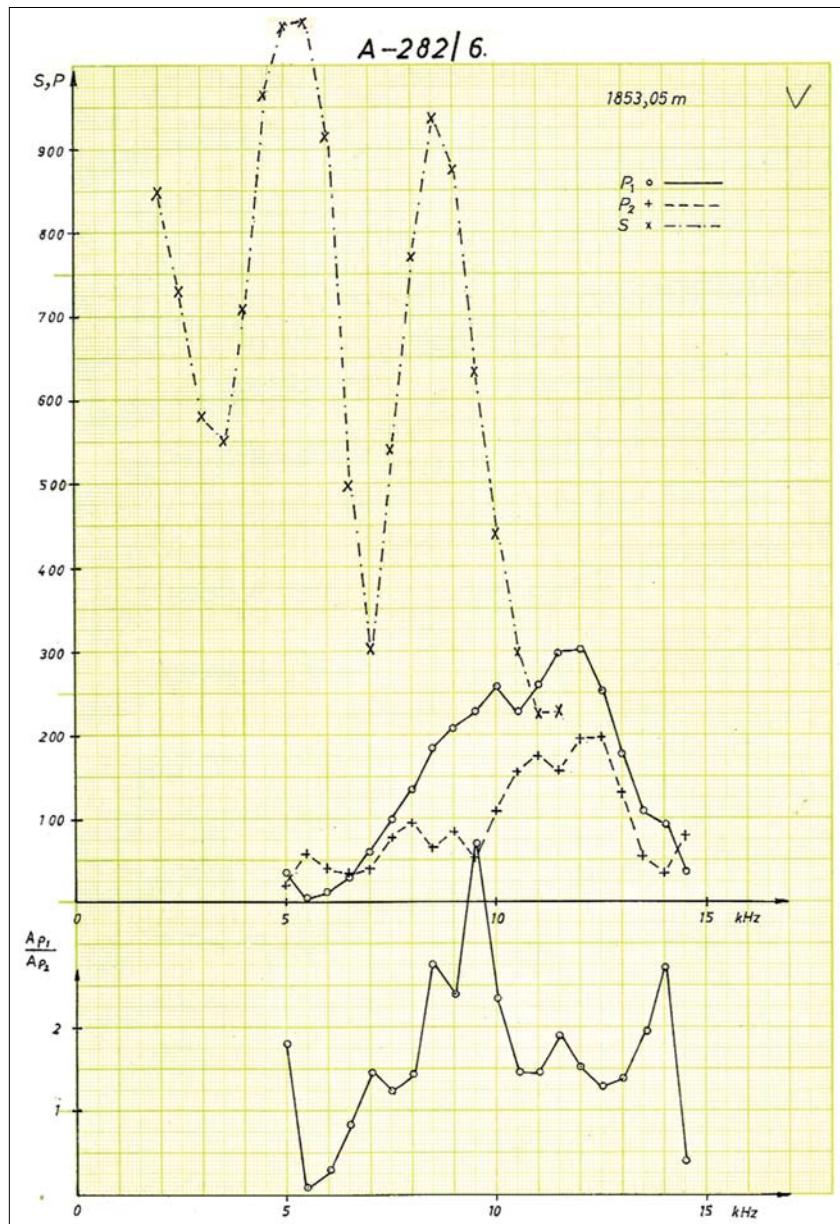
Az egyik mecseki fúrásban összemértük a Schlumberger olajipari AK szondáját az ELGI (szovjet kooperációban készült) KAS szondájával (*Karas Gy.*). A vizsgálat szerint a két eszköz mérési értékei 214 mm fúrási átmérőig jól egyeztek.

Az AK sebesség mérése ( $V_p$ ), a csillapodási görbe ( $A_p$ ), azaz a cementmérés rutinmérésnek számított. Azonban a fő célunk az AK hullámkép regisztrálása volt. Többek között azért is, mert az erősítő beállítása az észlelő feladata volt. Mivel a regisztrált hullámok amplitudója a mérendő közetek fizikai tulajdonságaitól függ, így az erősítés helytelen beállítása ciklusugrást vagy „kalapolást” jelentett.

Mivel kezdetben nem tudtuk a hullámképet regisztrálni, azért mérés előtt a komparálási szint beállítása kézzel történt. Ennek helytelen beállítása nemcsak a zavart szűri ki, hanem ciklusugrást eredményezhet. Ezek a problémák elsősorban nyitott fúrásban jelentkeztek. Béléscsővezetett fúrásban (vas béléscső) a cementezés minőségének megállapítása céljából az első beérkezés hullámcsomagjának maximumát határozzuk meg és kalibráljuk. Az első beérkezés időbeli jelentkezése elvileg ugyanott van, tehát a ciklusugrásnak nincs jelentősége. Így az akusztikus szondánkkal mért és terepen előállított első szelvény az ELGI-ben a csillapítási paraméter volt.

Az említett problémák miatt nyitott fúrásban nem lehetett jó  $\Delta t$  görbét, következésképpen megbízható  $V_p$  sebességgörbét sem mérni, ezért minden erőnkkal a teljes akusztikus hullámkép regisztrálására koncentráltunk. Törekvésünk a 70-es évek közepére eredménnyel járt, mivel a K-3000 karotázsállomással (a „nagy digi”-vel) mágnesszalagra rögzített AK teljes hullámképeket mértünk, majd a továbbfejlesztett MOLE berendezéssel rendszeressé váltak az ilyen felvételek (1999).

A teljes hullámkép „elődjének” tekinthető az ún. fáziskorrelációs diagram (FKD) amelyet az ifjú *Dahnov* a 60-as években talált ki és alkalmazott a Szovjetunióban. Ennek későbbi nyugati változata a VDL (Variable Density Log). Az eljárás lényege, hogy az akusztikus hullámképből a nulla átmeneteket ab-



8-41. ábra. Akusztikus karotázsmérés amplitúdó-frekvencia-analízise



rázolják úgy, hogy a pozitív amplitúdók sötétek, a negatívak világosak a fotó-regisztrátumon.

Az AK hullámkép mérésénél az időtengelyen kb. 1 ms-ot mintavételezünk 3–4  $\mu$ s-os mintavételi távolsággal (attól függően, hogy milyen AD konverterrel rendelkezik berendezésünk), és ezt a mélység függvényében ábrázoljuk. A hullámkép egyes részeinek dinamikáját színskála fejezi ki (a piros szín a legnagyobb dinamikát jelenti).

A nagy pontosságú terepi mérést a stacking alkalmazása tette lehetővé. A vontatási sebesség figyelembe vételével 4–8 lövés esik 10 cm-es mintavételezési köz esetén, ami gyakorlatilag „álló szonda” helyzetnek felel meg. A terepi mérés feldolgozása külön programmal (MINSZK-32 számítógépen) vagy Well-Cad-dal történt. A hullámkép színes megjelenítését és az alapvető rugalmassági paraméterek ( $V_p$ ,  $V_s$ ,  $A_p$ , ...) számítását is elvégeztük. Amplitúdó–frekvencia-analízissel (Békássy Cs.) a longitudinális és transzverzális hullámok frekvenciatartományára is választ kaptunk a különböző kőzetekben. A teljes hullámkép mérésével a ciklusugrás is „elveszítette” zavaró hatását.

A szilárd hasznos ásvány kutatásnál felvetődött a szondahosszak optimalizálásának kérdése. Abban az esetben, ha a kőzetekre jellemző hullámterjedési sebesség túl nagy, akkor a longitudinális és transzverzális hullámok első beérkezési ideje között kisebb különbség van, mint a longitudinális csomag hossza, így módon a két hullámcsomag interferenciája bekövetkezik. A hullámcsomagok hossza a forrástól nagyobb távolságra időben is szétválik, így megszűnik az interferencia. Ez a probléma a bodai aleurolit kutatása során merült fel.

A feladatot úgy oldották meg (Takács S. – műszer, Zilahi-Sebess L. – módszer), hogy megnövelték a szondahosszat 1 és 1,5 m-ről 2 és 2,5 m-re a relatív hiba csökkentése érdekében. Megnövelték a bázis távolságát, s ezért a két szondahosszat külön, egymástól független szondaként kezelték, és a lyukátmérő ismeretében külön-külön alkalmaztak környezeti korrekciót.

Sokat foglalkoztunk a 80-as években és 90-es évek elején kőzetmechanikai paraméterek meghatározásával, amelynek lényeges eleme az akusztikus paraméterek ismerete. Ennek fontos feltétele volt, hogy a nagyobb sebességtartományban is elváljanak a P és S hullámcsomagok. Ezt úgy értük el, hogy a szondahossz növelése mellett nem kellett növelni az adók energiáját, illetve csökkenteni a frekvenciát. Ezeknek a módszertani kutatásoknak eredményeként

- meg lehet határozni a longitudinális hullámcsomag első beérkezését és a  $V_p$  sebességet,

- a tranzverzális hullámcsomag első beérkezését és a  $V_s$  sebességet,
- a  $V_p/V_s$  arányát,
- a csillapodást (cementszelvényezést),
- a hullámcsomagokra jellemző frekvenciatartományt,
- kőzetmechanikai számításokat lehet végezni, azaz lehet számítani a Poisson-számot ( $P$ ), a Young-modulust ( $Y$ ), a Lamé-állandókat ( $\mu, \lambda$ ).

Ezekhez szükséges még a sűrűség (GG), a N-porozitás, a TG, FWS (Full Wave Sonic) ismerete is. Ezek kapcsán állapítottuk meg, hogy a FWS használható régi csővezetett fúrásokban, laza összetekben is (pl. Nyárlőrinc-1), mert a homokos agyag pleisztocén összlet (konszolidálatlan, sekély mélységű üledék) rároskad a béléscsőre, tömörödik azon. Ez azért is érdekes mert a „régí fúrások” idején nem tudtunk FWS-et mérni, s ezért jelentős költségmegtakarítást érhetünk el.

Kísérletet végeztünk sokelemes akusztikus szonda (MAC) létrehozására (Takács S.) olajipari mérések céljából. Ez az eszköz bízható mérési eredményeket produkált, de sorozatgyártására nem került sor. Ennek egyik műszaki oka a nagy mennyiségű jel felhozatalának nehézsége volt, valamint a már zsugorodó Intézet, fejlesztési pénzének hiánya.

Az akusztikus szondák hitelesítése céljából 1989-ben az ELGI megvásárolta az ufai VNIINYEFTEPROM Geofizika szovjet intézetétől az UPAK-1 berendezést. Ez alkalmas minden olyan akusztikus szonda hitelesítésére, amelynek hossza  $\leq 2800$  mm és átmérője  $\leq 110$  mm. Hosszabb szondák szétszedve elemenként, elempáronként vizsgálhatók.

## 8.2.5. A számítógépes karotázsfeldolgozás fejlődése

### 8.2.5.1. Terepi módszertani fejlesztések

Az intézeti mélyfúrás-geofizikai kutatások egyik alap feladata volt a karotázsjelek digitális rögzítése. 1967-ben a jelrögzítés, 1968-ban a jel számítógépbe juttatása, feldolgozása is a fejlesztési terv kiemelt része volt. Különös hangsúlyt kapott a feladat a digitális középkarotázs (K-3000) berendezés fejlesztése miatt (Sebestyén K., Karas Gy.). Együttműködésben az NDK lipcsei intézetével (VEB Geophysik) a digitális jelek  $\frac{1}{2}$ "-os mágnesszalagra történő rögzítését kellett megoldani. Ugyanez a feladat volt a szeizmika területén is, ezért sürgős lett a probléma megoldása. A komplex digitális berendezés terepi üzemeltetése, a tapasztalatok

összegyűjtése (*Szongoth G.*) a 70-es évek első felében azt eredményezte, hogy MINSZK-32 számítógépen konkrét feladatok megoldásával (litologia, réteghatár) próbálkoztunk. A berendezés fejlesztése és a módszertani munkák olyan szintre emelkedtek, hogy 1975-ben a Szovjetunióban bemutató- és összehasonlító méréseket végeztünk (*Horváth F. Horváth I., Josepovits Gy., Szongoth G. és Kunkli J.*). Ennek a terepi munkának fő értéke az akusztikus hullámkép digitális rögzítése volt, ami mérföldkő a hazai digitális technika elterjesztésében. 1975 volt hazánkban a digitális adatrögzítés általánossá válásának kezdete a karotázsban. Addig döntően analóg technika volt a jellemző, meghatározó. A KAD típusú irodai digitalizáló félautomata berendezés (*Szalai M.*) tette lehetővé a számítógépes feldolgozási munkák végzését. Miután 1975-ben elkészült a KD-10M terepi digitális regisztráló, és a K-500 és K-600 berendezések egyre nagyobb számban kerültek értékesítésre, a 70-es évek második felében megnőtt az igény a terepi digitalizálóra, és elkészült a Memodyne-re rögzített információbeadó egység (KD-2-B) a hozzá való programmal. Különösen jó együttműködést alakítottunk ki a kelet-német és román kollégákkal, akik a legjelentősebb felhasználói voltak mélyfúrás-geofizikai eszközeinknek.

A hazai módszertani fejlesztések széles körű alkalmazást nyertek a különböző nyersanyagok kutatásában, egyrészt a kis karotázsberendezésekhez, másrészt a középkarotázs-állomásokhoz kapcsolódóan.

1971-ben laboratóriumi munkák folytak neutronaktivációs analízis alkalmazásával rézércек gyors elemzésére. Szelektív gamma–gamma módszerrel eredményes kísérletek folytak a lignit hamutartalmának meghatározására a Visontai területen. Vizsgáltuk a különböző földtani műszaki tényezők hatását a neutronszelvényekre (porozitás, átmérő, rétegvíz és fúróiszap klórtartalma). A következő évben terepi szelvényezési vizsgálatok folytak a recski területen, bauxit-, mangán-, szén-, vízkutató és egyéb fúrásokban.

Az 1972-es év legnagyobb sikere, hogy a 148 visontai fúrásban elvégzett szelvényezés eredményeképpen a magfúrásról áttértek a teljes szelvényűre. 1973–74 sikere a természetesgamma-spektrumok rögzítése volt K-3000 berendezéssel és azok feldolgozása MINSZK-32 számítógéppel. Térfogatsúly-meghatározást végeztünk a Mátyás-Nagygyeházi területen, és kiegészítettük a modellsort neutron–neutron-szelvényezési céllal a Modell Telepen.

1978-ban megkezdődött a mikroszámítógéppel vezérelt karotázsszelvényezés és a gyors kiértékelő állomás szoftverrendszerének fejlesztése, első lépéseként a KAROLIN nyelv létrehozása (*Pákozdi I.*).

Az 1979-es év módszertani tevékenysége a szuszceptibilitás mérésének bevezetése a hazai karotázsgyakorlatba (Karas Gy., Szongoth G., Zilahi-Sebess L.) csehszlovák szondával a Börzsöny hegység vulkanikus területén, illetve szén- és bauxitkutató fúrásokban.

A KD-20-ra kifejlesztett programrendszerből sok elemet át lehetett menteni a KD-80 (MOLE) új, mikroprocesszoros karotázsállomás rendszerébe, ugyanakkor lényeges továbblépést tettünk a terepi feldolgozás elvégzése területén. Már 1987-ben a KD-80 (MOLE) továbbfejlesztése és különböző modellezések eredményeképpen kapott összefüggések felhasználása lehetővé tette a terepi szoftverrendszer bővítését is (Szongoth G., Bán I., Zilahi-Sebess L.). Így terepi viszonyok között már a fúráson valós közetfizikai paramétereket (sűrűség, porozitás, permeabilitás) vagy pl. hamutartalmat, alumínium-oxidot, kvázi-litológiát, ill. K-, U-, Th-értékeket (arányokat) lehetett meghatározni. A terepi digitális mérések részletes belső feldolgozását különböző célorientált számítógépes programcsomagokkal valósítottuk meg.

A sokoldalúan tesztelt MOLE komplett karotázsberendezés jó szondaparkkal, terepi mérő- és feldolgozószoftvereivel megbízhatóan szolgálta a hazai kutatást és partnereinket, de ezek tartós exportját a kilencvenes évek (1991, 1993) leépítési intézkedései, a Kft-sedések és a rendszerváltás politikai-gazdasági irányváltásai korlátozták.

#### **8.2.5.2. A számítógépes karotázsfeldolgozás fejlődése, formái**

Mint már említettük, az 1975-ös év a digitális korszak kezdete hazánkban a szilárd hasznos ásvány kutatása és vízkutatás területén. A felhalmozódott igen nagy számú analóg szelvényt is be kellett vonni a gépi feldolgozásba, tehát azokat is digitalizálni kellett. A KAD-69 után a mélyfúrás-geofizikai analóg méréseket 1989-től kezdve a RA-06 típusú FOK-GYEM gyártmányú rajzdigitalizálóval alakítottuk át digitálissá. A kezdeti tapasztalatok nyomán 1991–92-ben a rendszer továbbfejlesztése során elkészült egy, a karotázsszelvények feldolgozására alkalmasabb célprogram, amely vezérli a digitalizálót, ASCII, valamint bináris szekvenciális fájlokban rögzíti az adatokat.

Az analóg mérésekből ma a leggyorsabban szkenneléssel nyerhetünk digitális adatokat. A szkennер egyik legfontosabb jellemzője a felbontóképesség, amely egyben pontosságát is meghatározza. A felbontóképességet dpi (dot per inch)-ben adják meg, azaz hogy hány képpontot képes felismerni 2,54 cm-en

ként. A síkágyas szkennerek optikai felbontása 300–1200 dpi, míg a dobszkennerké 2400–9600 dpi is lehet.

A képfájlok feldolgozását segítette a Hampton Data Services Ltd. által kifejlesztett szoftver, amelyet az ELGI megvásárolt (2008). A további fejlődést a View LOG PRO jellemzi, amely olyan PC-s környezetre kifejlesztett karotázsfeldolgozó és -megjelenítő szoftver, amely integrált földtani és geofizikai adatbázis kezelését teszi lehetővé, kiegészítve azt térinformatikai szolgáltatásokkal. Így az ELGI-nek, illetve helyette az MFGI-nek ma már digitális karotázs-adatbázisa van. Ezeknek a fejlesztéseknek motorja, irányítója *Lendvay P.* A munka azonban már nem a Főosztály keretében folyik, az ugyanis 1995-ben megszűnt.

A számítógépes feldolgozás főbb formái

*Karotázs minicentrum.* Az ELGI-ben a 70-es és 80-as években központi számítógépeken (Minszk-2, Minszk-32, ESZ-35) folyó feldolgozást fokozatosan felváltotta az IBM-kompatibilis személyi számítógépeken végzett munka. Ennek jelentős állomása volt a mélyfúrás-geofizikai *minicentrum*. Ez egy HP 9825A típusú számítógép volt, amelyre kidolgoztunk két geofizikai feldolgozó programrendszert.

A kor színvonalának megfelelően a lyukszalagos és mágnesszalagos bemenetű rendszerek lehetővé tették mind az analóg, mind a kazettára rögzített szelvények gépbe juttatását. Az analóg szelvényeket az ELGI-ben kifejlesztett KAD típusú félautomata digitizálóval alakítottuk át digitális formátumúvá.

A WATER-1 programrendszer alkalmas a *vízkutató* fúrásokban mért karotázsszelvények feldolgozására. Legfontosabb feldolgozási lépések az alábbiak:

- SP-szelvény homok és agyag alapvonalának meghatározása,
- relatívgamma-szelvény előállítása a mért természetes gammából,
- harántolt rétegek agyagossági viszonyainak tisztázása az SP- ( $\alpha$  redukciós tényező) és természetesgamma- (relatívgamma-) szelvények alapján,
- vízáadás szempontjából perspektívikus permeábilis rétegek kijelölése több mért szelvény alapján,
- vízáadó rétegek valódi fajlagos ellenállásának meghatározása,
- rétegvíz fajlagos ellenállásának meghatározása,
- transzmisszibilitási koefficiensek ( $k$ ) meghatározása a víztároló rétegekre,
- permeabilitás ( $K$ ) meghatározása a transzmisszibilitási koefficiensből,
- vízáadó rétegek rangsorolása (jó, közepes, gyenge),
  - a)  $\alpha$  redukciós tényező, relatív gamma, porozitás és rétegvastagság alapján,

- b) a  $k$  transzmisszibilitási koefficiens és rétegvastagság figyelembevételével,
- eredmények megjelenítése táblázatos és rajzos formában.

A COAL-1 rendszer felhasználható a szén- és lignitkutató fúrások karotázsszelvényeinek feldolgozására. A rendszer az alábbi feladatok megoldását képes elvégezni:

- litológiai tagolás, amely statisztikus elven alapszik. A program a területen előforduló rétegtípusokhoz – jellemző fizikai paramétereik, előfordulási valószínűségük és a karotázssindikációk szórásainak figyelembevételével – eredő valószínűséget határoz meg. A maximális valószínűségekhez rendelt rétegtípusok mélység szerinti eloszlása klasszikus litológiai tagolást tesz lehetővé
- szén- és lignitlepek rétegfizikai paramétereinek (térfogatsúly, fajlagos ellenállás, neutronporozitás, agyagosság stb.) meghatározása
- magadatok felhasználásával lehetőség nyílik a szén- és lignitlepek jellemzőinek (hamutartalom, fűtőérték, carbon-, és nedvességtartalom) meghatározására
- szén- és lignitlepek minősítése (pl. lignit, agyagos lignit, lignites agyag, lignitnyomos agyag/homok, szerves anyag)
- szén- és lignitlepek mélységi helyének pontos meghatározása a pontonkénti ferdeségmérés adatainak figyelembevételével
- szén- és lignitlepek fedő–fekü viszonyainak tisztázása a mért paraméterek és az akusztikus szelvényekből meghatározott rugalmassági paraméterek (Poisson-szám, Young-modulus, nyírási modulus stb.) felhasználásával.

A minicentrumos programrendszerekkel párhuzamosan kidolgozásra kerül egy ún. diszkes adattári rendszer, amely lehetővé tette a feldolgozás során keletkező eredmények korszerű, digitális formában történő tárolását. A program-csomag kidolgozásában részt vettek: Baráth I., Bihari Lászlóné, Karas Gy., Mészáros F. és Pandiné Szegedi Szilvia.

*Karotázs Értelmezési Rendszer (KÉR).* A 70-es évek elején az OKGT-ben elkezdődött a KÉR fejlesztése. A fejlesztőmunkában szinte a kezdettől fogva részt vettek az ELGI mélyfúrás-geofizikai szakemberei is. A karotázsszelvények mennyiségi kiértékelésének alapvető feltétele a szelvényezést befolyásoló paraméterek is-

merete. Ezért szelvénykorrelációs programok készültek, amelyeket részben az irodalomból ismert, részben az ELGI Karotázs Módszertani Osztály modelltelepén kimért korrekciós görbeseregek alapján képezték. A korrekciós programok közül a legfontosabbak az alábbiak:

- SP-görbe korrigálása rétegenként iszapellenállásra, az elárasztott zóna fajlagos ellenállására, ágyazó rétegek látszólagos ellenállására, rétegvastagságra, fúrólyuk-átmérőre, az elárasztott zóna átmérőjére,
- természetesgamma-szelvény korrigálása mélységpontonként lyukátmérőre, iszapsűrűsége, szondaexcentricitásra, cementvastagságra és bélésű falvastagságra,
- természetesgamma-szelvény korrigálása rétegenként, az előzőekben felsorolt fúrólyuk-paramétereken kívül rétegvastagságra, időállandóra és vontatási sebességre,
- radioaktív karotázsgörbék holt időre korrigáló program,
- neutron-gamma-szelvényt korrigáló program.

További geofizikai programok, amelyek a KÉR-hez készültek az ELGI-ben:

- jellemző értéket meghatározó program, amely vastag rétegre átlagértéket számol, vékony réteg esetében a szélsőértéket (minimum, maximum) veszi figyelembe. Lehetőség van ún. harmonikus közép meghatározására is
- SP- és természetesgamma-szelvények homok-, és agyag alapvonalának meghatározása
- mélységpontonként dolgozó statisztikus litológiai program
- mélységegyeztető program
- neutronporozitás meghatározása
- porozitás, agyagtartalom, víztelítettség és maradékolaj-telítettség meghatározása természetesgamma- és optimális laterológ görbék alapján.

A KÉR geofizikai programjainak kidolgozásával gyakorlatilag egy időben folyt a karotázs-adattár fejlesztése is. Az adattár legfontosabb részeit a szelvénytár, a feldolgozási eredmények, illetve a kútszerkezet jellemző adatai képezik. Az adattári segédprogramok az egyes feldolgozóprogramok részére biztosítják az adatforgalmat, illetve a feldolgozási eredmények rajzos és táblázatos megjelenítését.

A KÉR gyakorlati felhasználására 1975-ben kerül sor, amikor az OGIL-lal együttműködve, algyői szénhidrogén-kutató fúrásokban részletes feldolgozás történt. A kapott számítógépes értelmezési eredmények a hagyományos ér-

telmezéssel és a geológiai szolgálat által nyújtott eredményekkel összhangban hasznos információt szolgáltatottak a szénhidrogén-telepek kimutatására és azok földtani értékelésre. A munkában részt vettek: *Czeplédi István* (OKGT, programvezető), *Mészáros F.*, *Szendrői D.*, *Palánki Éva*, *Szongoth G.*, *Tóth I.*

*Geofizikai fúróluk-vizsgálatok (ASZOIGISZ)*. 1983-ban az ELGI-ben sor került a „Geofizikai fúróluk-vizsgálatok automatikus feldolgozási és értelmezési rendszeré”-nek (ASZOIGISZ) adoptálására az R-35 típusú számítógépen. A feldolgozórendszer a Szovjet Olajipari Minisztérium Központi Geofizikai Expedíciójának irányításával, kőolajipari KGST-együtműködés keretében került kidolgozásra az OKGT támogatásával. A fejlesztő munka kb. másfél évtizedig tartott. Az ASZOIGISZ az alábbi két célkitűzéssel készült:

- geológiai-geofizikai tájékoztatás adatbank segítségével,
- karotázsmérési anyagok feldolgozási folyamatának automatizálása.

Az ASZOIGISZ adatbázisában tárolt adatok:

- a kutatási terület jellelemzői,
- fúróluk-jellemzők,
- mért karotázsszelvény-jellemzők,
- mérőszonda jellelemzői,
- mért alalóg és digitális szelvények,
- feldolgozási eredmények.

A legfontosabb geofizikai feldolgozóprogramok:

- automatikus mélységegyeztetés,
- normalizációs eljárások,
- különböző típusú mért szelvények korrigálása,
- valódi ellenállás meghatározása,
- automatikus réteghatár meghatározása,
- statisztikus litológiai értelmezés,
- agyagosság meghatározása,
- porozitás meghatározása több módszerrel,
- víztelítettség meghatározása több módszerrel,
- olajteltettség meghatározása több módszerrel.

A programrendszer nagy előnye, hogy alkalmas az adatbázisban tárolt adatoktól függően a legkülönbözőbb céllal mélyített fúrások mérési anyagainak



értelmezésére. Így került sor 1985-ben az ELGI-ben a rendszer felhasználására szénkutató fúrásokban. A szenes feldolgozás a következő főbb lépésekből állt:

- mért szelvények relatív mélységegyeztetése,
- két és három szelvény közötti speciális eloszlási diagramok alkalmazása,
- statisztikus litológiai tagolás,
- kőzetkomponensek (szén, agyag, homok) meghatározása,
- minőségi paraméterek (szén-, hamu-, nedvességtartalom, fűtőérték) meghatározása.

A programrendszer az eredményeket rajzos formában, plotteren jeleníti meg.<sup>1)</sup>

A programrendszer hazai adaptálásában *Czeglédi István* (OKGT) irányításával részt vettek: *Mészáros F., Szendrő D., Palánki Éva* (ELGI).

---

<sup>1)</sup> **Az 8.2. pont szerzőjének (B. I.) utószava**

Az Intézet történetének karotázs (-műszer, -módszer) része megpróbálja visszaadni azt a sokoldalú, eredményes (és persze kudarcokkal tűzdelt) kutató-fejlesztő munkát, amely átlagban 110–120 ember/év (tudományos kutatók, mérnökök, technikusok, segéderők) tevékenységének, szorgalmas, tisztességes feladatmegoldásának eredménye. A főosztály valamennyi, valamikori munkatársa iránt elismerésem, nagyrabecsülésem fejezem ki. Köszönöm.

Olyan korban dolgoztunk, alkottunk, amikor a nyersanyagkutatás fontos szerepet játszott az ország életében, és ebben a nemes munkában a magunk szakmai területén helytálltunk. Munkánk eredményeképpen jelentős exportot bonyolítottunk le a világ különböző országaiba.

A könyv karotázsról szóló fejezete rövid, s így nyilván mások által fontosnak tartott kutatási eredmények kimaradhattak. A Mélyfúrás Geofizikai Főosztály megszűnése (1995) után az Intézetben előtérbe került – a különböző átszervezések eredményeképpen – a karotázs- (és egyéb geofizikai) adatok mentése, az adatbázis létrehozása. Központi feladat lett a földrengés-veszélyeztetettség tanulmányozása is. Megállapítható, hogy a mélyfúrás geofizika hatékonyan hozzájárulhat az egyes területek veszélyeztetettségi mértékének tisztázásához. Kiemelkedő tudományos kutatómunka folyt a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék-tárolók helyének kiválasztására. Mindezekben – más szervezeti formában – karotázs-szakembereink tevékenyen és eredményesen vettek és vesznek részt.

Külön köszönöm azoknak a kollégáknak a segítségét, akik a karotázsról szóló fejezet egyes részeinél az elvárhatónál többet segítettek mind visszaemlékezésükkel, mind „nyersanyaggal” (*Kozsa J. G., Bajzik Gy., Korodi Gizella* – műszer, illetve *Szunyogh Ferenc, Mészáros F., Bagi R.* – módszer, a képanyagok összeállításában és az anyagok dokumentálásában *Lendvay P. és Czímeth Marianna*).

Nem tűnhetett el a karotázs a tudományos kutatás területéről, hiszen – egyrészt – a mélyfúrás geofizika és egyéb kutatás (szeizmikus, geoelektromos, mérnök-geofizika) ötvözete hatékonyabbá, megbízhatóbbá, pontosabbá teszi a földtani kutatást.

Az MGFI-ben dolgozó karotázskutatók ma is kiválóan helytállnak. Másrészt az intézeti karotázs kft.-kbe kivált folytatói (Geo-Log, Geoport) eredményesen dolgoznak a műszer-, módszer-kutatás területén, és háttérintézményt jelentenek a többi hazai és külföldi kisvállalkozóknak.

### 8.2.6. Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázis (MKMB)

Az ELGI mindig nagy hangsúlyt fektetett a hiteles mélyfúrás-geofizikai mérések feltételeinek biztosítására. Ezt szolgálta az 1965. évben elkezdett modelltelep létrehozása az Intézet műszaki telephelyén a Homonna u. 1-ben. Kezdetben egy lakókocsiban, majd egy szép faházban kapott helyet a hitelesítési és módszertani kérdésekkel foglalkozó csoport, amelynek eszközállománya is egyre bővült.

1966-ban elkészült a radioaktív sűrűségmérő szondák hitelesítésére szolgáló „beton-alumínium” etalonsor 86 mm-es fúrólyukátmérővel. Ezt a BME Vasbeton-szerkezetek Tanszéke és az Országos Mérésügyi Hivatal közreműködésével hozták létre. A különböző sűrűségű betonhengerek természetes kőzetadaleköt tartalmaznak.

A 70-es évek elejétől látványosan fejlődött a modelltelep, amely a Mélyfúrás Geofizikai Főosztály Módszertani osztályának Modell Csoportjaként működött, a csoportvezető: *Andrássy László* volt. A fejlődést jól mutatják az etalonsorok létrehozásának évei.

A komplex indukciós modell 1970-ben készült el. A 4000 mm átmérőjű, vasmentes betonakna középpontjában 214 mm átmérőjű műanyagcső képviseli a fúrólyukat, majd ezzel hengersizmetrikusan elhelyezett 550 mm átmérőjű műanyag cső az elárasztott zónát. Az egyes zónákban különböző koncentrációjú sósvíz- (NaCl-) oldat van.

1977–78-ban mészkő modellsort építettek meg sűrűséget és neutronporozitást mérő szondák hitelesítésére és ellenőrzésére. Ezeket a szondákat olaj- és vízkutató fúrásokban használták. Az etalonok magassága 1800 mm, átmérője 1400 mm. Az egyes aknákba beépített mészkövek belső furatai: 150, 214 és 300 mm. A felhasznált természetes kőzetek anyagának kiválasztása rendkívül gondos, hozzáértő munkát igényelt. Beépített modellhengerek: bolgár Vratza mészkő, süttöi mészkő és görög Nikiszianisz márvány.

Az 1979-ben spektrális modellsorral egészült ki a modelltelep az integrális és spektrális üzemben működő természetesgamma-sugárzást mérő szondák hitelesítésére és minősítésére. A spektrális modell rendszer a Mecseki Ércbányászati Vállalat segítségével épült meg. Az etalonsor 6 db kálium és 3-3 db természetesurán- és tórium-tartalmú rétegből áll. A mátrix tiszta kvarchomok.

1982-ben fejezték be a kis átmérőjű szondák hitelesítésére és minősítésére szolgáló mészkő modellsort, amelyekben térfogatsúlyt és neutronporozitást lehet mérni.

A mészkő és homokkő etalonokat „Rocla” kutakba építették be. Az etalonok belső, fúrasi átmérője: 59 és 83 mm. A modellsor felépítése: mesterséges homokkő, magyar mészkő, jugoszláv mészkő, bolgár Vratza mészkő és görög márvány. Az egyes aknák vízzel vannak feltöltve az állandó víztelítettség biztosítása céljából.

1984 lényeges fejlődést és változást hozott. Ekkor épült meg a homokkő modellsor sűrűségmérő és a neutronporozitást mérő szondák hitelesítésére és minősítésére. Az etalonsor anyaga: győrszemerei mesterségesen előállított (ragasztott) homokkő, illetve lengyel homokkövek (Zerkowice és Szczytno).

1986-ra teljesedett ki a modellrendszer, amikor egy dolomittömbökből (Libiaz) (8 db  $400 \times 800 \times 1600$  mm) összeállított etalont helyeztek el egy vízzáró aknában. Ebben 3 db furatot képeztek ki 59, 86 és 150 mm átmérővel.



8-42. ábra. Ellenőrző mérés a kútgeofizikai bázison (Lendvay Pál)

Az elmondottakból kitűnik, hogy mind a szénhidrogén, mind a víz, valamint a szilárd hasznos ásvány területén mélyült fúrások vizsgálatára mélyfúrásigeofizikai (radioaktív) szondák kalibrálhatók, ellenőrizhetők a modelltelepből Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázissá (MKMB) fejlődött objektumrendszeren. A nukleáris szondákhoz terepi ellenőrzőket dolgoztak ki.

Az objektumok geometriai mérete olyan, hogy az adott radioaktív szondák behatolási mélysége szempontjából végtelennek tekinthetők. A modellsorokban lévő furatok a gyakorlatban alkalmazott fúrási átmérőknek felelnek meg.



8.43. ábra. A Kútgeofizikai Metrológiai Bázis új épülete

Az anyagvizsgálatot (sűrűség, porozitás stb.) a MÁFI és az SzKFI laboratóriumaiban végezték.

Az MKMB végső kiteljesedését jelentette, amikor 1982-ben a VNII NyefteProm Geofizikától (Ufa, Szovjetunió) megvásárolták az UPAK-1 akusztikus hitelesítő és ellenőrző rendszert, valamint a TOPAZ-2 autoklávot (nyomás- és hőmérséklet-kamrát), amelyben valamennyi nukleáris és akusztikus szonda vizsgálatát végzik. Az MKMB területén kapott helyet az izotópok tárolására szolgáló objektum és két mélyfúrás ( $H_3 = 660$  m, a  $H_1 = 100$  m mélységű).

1985-től a metrologia területén egyre szorosabbá vált ELGI–OKGT együttműködés



8-44. ábra. Mész- és homokmodell-sor a kútgeofizikai metrológiai bázison

eredményeként megépült hitelesítőcsarnok, és annak kisegítő részei igazi ott-hont teremtek a metrológiának. Az olajipar részéről sokat tett az ügy érdekében *Ribi Elemér*.

A modellsorok anyagának kiválasztása és etalonná nyilvánításának folyamata összetett és gondos munkát igényelt, amely *Andrássy László* és *Baráth István* több mint két évtizedes kitartó munkájának gyümölcse. A spektrális modellsorban végzett mérések feldolgozását *Dorkó Róbert* végezte. A terepi hitelesítők (ellenőrzők) megvalósításában *Lendvay Pál* jeleskedett. A gyakorlati hitelesítések munkáiban fontos szerepet játszott *Vas Sándor* technikus. A létrehozott modellrendszer Európában egyedülálló.

## 8.3. Geoelektromos módszer- és műszerfejlesztés

*Kakas Kristóf, Verő László*

### 8.3.1. Bevezetés

#### 8.3.1.1. A történet három szála

Minden geofizikai kutatómódszer egy adott időszakra vonatkozó történetének legalább három szálból kell szövődnie. Az első szál az elméleti alapok lerakása



vagy – honosított módszernél – megismerése, beleértve a kiértékelési-feldolgozási technikák fejlődéstörténetét is. A második szál a terepi technika alakulása: milyen új műszereket lehetett használni, ezek mely paraméterek gazdaságos észlelését tették lehetővé. A harmadik szál pedig a hasznosítás folyamata: hol hasznosultak az előző erőfeszítések eredményei, „hova lehetett eladni” földtani kutatás céljára a módszert. A három szálát módszertannak, műszertannak és alkalmazástechnikának is nevezhetjük. A történet mindhárom szálát részben külső tényezők befolyásolják. Visszatekintve az ELGI-ben alkalmazott módszerek történetére nyilvánvaló, hogy a számítógépek használata fordulópontot jelentett a módszerfejlesztésben és a feldolgozásban (tud-e még valaki görbesereggel vertikális elektromos szondázást kiértékelni?), a mikroelektronika egységesítette, egyszerűsítette a terepi észleléstechnikát. A kutatási igények szinte teljesen elmentéses átalakuláson mentek át, mennyiségük általában csökkent, jellegük megváltozott. Pedig ezek határozták meg, mely módszerekre volt leginkább szükség, az igények változásával ugyanezek akár feledésbe is merülhetnek (lassan elfelejthetjük a bauxit- és szénkutatást, illetve ezek fő módszereit). Ezért először ezt a háttérrel és az ELGI válaszait a kihívásokra kell megismerni.

Ez alatt a harminc év alatt végbemenő fejlődés hazánkban sem volt független a nagyvilág folyamataitól. A geofizika tudományának az az ága, amely az ásványi nyersanyagok felkutatásával foglalkozik (azaz az alkalmazott geofizika), ezen időszak alatt vált a világban kikerülhetetlen gazdasági tényezővé. Többé már nem volt elfogadható, hogy felszíni geológiai adatok alapján tűzzenek ki kutatófúrásokat. Az egyre újabb módszerek sikere fejlesztési forrásokat generált, ami lehetővé tette új, pontosabb és gyakran olcsóbb eljárások/műszerek kifejlesztését. Ezt a folyamatot természetesen nem lehet elválasztani az elektronika és a számítógépes eljárások fejlődésétől.

Hazánkban a „gazdasági szükségszerűség” a tervgazdaság körülményei között nem volt parancsoló vezérelv. Hiába tudtuk, hogy eljárásaink alkalmazásával meddő fúrásokat lehet megtakarítani, és gyorsítani lehet egy terület megkutatását, a fúróvállalatnak a fúrási folyómétertervet kellett teljesítenie, ezért a geofizikusok javaslatai sokszor okvetetlenkedésnek számítottak. Ezen felül a geológusok egy része részint tudatlanságból, részint kenyérféltésből ferde szemmel nézett a geofizikai módszerekre. Hosszú időbe telt, amíg felnőtt egy új geológus generáció, amely tudta, hogy a geofizikusok munkája hasznos, sőt alkalmazása kötelező, ha sikeres nyersanyagkutatást akarnak végezni. Az értelmes együttműködés olyan eredményekre vezetett, amelyre méltán lehetünk büszkék: a geológusok is, a geofizikusok is (erre példa a gerecsei kőszénkutatás, vagy a bauxitkutatás).

### 8.3.1.2. A geoelektromos módszerek történetének általános áttekintése

Az ELGI-ben a mélyfúrás-geofizikai módszerektől különváló Geoelektromos Osztály 1963-ban alakult *Erkel András* osztályvezető és *Szabadvány László* osztályvezető-helyettes vezetésével. Az osztálynak ekkor még csak két állandóan működő terepi csoportja volt, egy tellurikus és egy egyenáramú szondázó csoport. A nyári időszakokban, általában egy-egy hónapnyi időtartamra a két csoport egyesült, hogy a tellurikus mérések kvantitatív ellenőrzését szolgáló egyenáramú dipól ekvatoriális mélyszondázásokra fejlesztett műszereket kipróbálják, a mérési technikáját kidolgozzák.

1964-től már három csoport üzemelt: a tellurikus, a dipólszondázó és egy kis mélységű vertikális elektromos szondázó, amelyet a következő években hamarosan követett a középhegységeinkben kutató csoportok felállítása is.

A 60-as évek második felétől, végétől a geoelektromos módszerek iránti igény ugrásszerűen megnőtt, és ezzel párhuzamosan a fejlesztések is nagyságrendi növekedésen mentek át. A mélyszerkezet-kutatásban megtörténtek az első magnetotellurikus mérések és a nagy mélységű tranziens módszer (EMT = elektromágneses térbeállítás) kísérletei az *Erkel András* vezette főosztályon. Újra beindultak középhegységeink érckutatási programjai, a szovjet–magyar alumíniumegyezmény kapcsán az intenzív bauxit-, majd később a szénkutatás (eocén program), amely számos új elektromos, elektromágneses módszer bevezetését, továbbfejlesztését eredményezte. Mivel a szén- és bauxitkutatások színtere a Dunántúli-középhegység volt, megalakult *Szabadvány László* vezetésével a Dunántúli Ásványkutató Osztály (DÁKO), amely aztán egy átszervezéssel a Szilárd Ásványtelepek Kutatási Főosztályává alakult át. A növekvő felhasználói igények piacot jelentettek, és ezt ki kellett használni, hiszen 1969-től az ELGI-ben a keresetek jelentős része már a bevételektől függött (ez volt az új gazdasági mechanizmus ideje), és az ELGI új kutatói generációja, *Müller Pál* igazgató vezetésével tudatosan – némelyek túlzottan is – piacorientált gondolkodású volt, ellentétben a legtöbb hasonló intézmény akkori közszellemével). Ez volt az ún. harmadik kategóriás mérések, majd a gazdasági munkaközösségek (GMK) kora.

Azonban fellendült a vízkutatás is, amikor a 70-es években országos program indult a 3000 lélekszámúnál nagyobb települések vezetékes ivóvízhálózatának kiépítésére, majd a 80-as években a regionális vízművek létesítésére. Egyre több helyen kértek geofizikai méréseket is egy-egy hévízkutató- és termelőkút lehető legkedvezőbb helyének kijelöléséhez.

Közben megnőtt az igény az építőipari nyersanyagok iránt is, a külfejtéses bányák csúszásveszélyeinek, az árvízvédelmi gátak és altalajuk vizsgálatára. A nagy építkezésekhez (például a dunai vízlépcsőkhöz) is igényelték a felszínközeli geológiai képződmények kutatását, majd a 80-as évek végén már jelentkeztek az első környezetvédelmi problémák is. Ezek megoldása során a talaj és talajvíz szennyezettségének vizsgálatába is bevonták a geofizikát.

Volt tehát egy olyan 30 év, amikor a hagyományos módszerek és műszerek e sokrétű feladatsor megoldására kevésnek bizonyultak. Az ELGI igazgatósága és kutatói ezt érzékelték, aminek következménye egy olyan, a digitális technika és a számítástechnika forradalmi térhódításán alapuló, nagyarányú fejlesztés volt, ami talán megismételhetetlen.

A 80-as évek végére az ELGI geoelektromos kutatógárdája meghaladta a 200 főt, ebből a fejlesztésben is közreműködő tudományos munkatársak (geofizikusok, villamosmérnökök, matematikusok, geológusok) száma mintegy 65 volt, és a legkülönbözőbb témakörökben ezernél több geoelektromos mérés eredményéről is beszámoló jelentés született. Ebben az időben nem létezett a világon olyan elismert geoelektromos eljárás, amelyet az ELGI-ben ne műveltek, ne fejlesztettek volna. Kutatói a világ minden jelentősebb geoelektromos módszert fejlesztő, alkalmazó geofizikai intézményével kapcsolatban álltak. Együttműködtek Kanadától Kínáig, az Egyesült Államok- és Szovjetunióbeli, a német és francia intézmények, vagy India legkiválóbb kutatóival. De a kisebb országok (Ausztria, Csehszlovákia, Finnország, Görögország, Jugoszlávia, Korea, Kuba, Lengyelország, Mongólia, Románia) intézeteivel is állandó kapcsolatuk volt. A világ számos országában oldottak meg kutatási feladatokat.

Ennek a világ élvonalába tartozó sokszínűséget megteremtő szakembergárdának úttörői közül többen már nincsenek az élők sorában. A legnagyobb fejlesztéseket végrehajtók döntő többsége – esetenként nyugdíjasként, máskor a nyugdíjazás küszöbén – még aktív ember, és úgy érzik, szinte az utolsó alkalom nyílik arra most, hogy megörökítsék az említett fénykor legfontosabb módszer- és műszerfejlesztési eredményeit.

Nem véletlen, hogy ez az áttekintés a 80-as évek végével zárul. A rendszerváltozás következményei katasztrofálisak voltak az ELGI számára. A két főosztályból létrehozott Geoelektromos és Gravitációs Főosztály kisebb lett, mint korábban egyetlen terepi csoport volt. Szinte teljesen megszűnt a műszerfejlesztés és -előállítás, a módszerfejlesztés egy-egy kutató elszigetelt, szükség diktálta tevékenységévé vált. Pedig például a távérzékelés, a képfeldolgozás alkalmazása



új távlatokat nyitott meg a geofizika, az ELGI előtt, de ennek a kihívásnak a létszámában alig tizedére, a kritikus tömeg alá csökkentett kutatói gárda a korábbiakhoz hasonló magas színvonalon és intenzitással már képtelen volt megfelelni. A környezetvédelmi munkák nagy része – a fejlesztésekkel együtt – kikerült az ELGI-ből. Mindez a Magyar Geológiai Szolgálat megalakulásával véglegessé és visszavonhatatlanná vált.

### **8.3.2. Vertikális elektromos szondázás (VESZ) és gerjesztett polarizációs mérés (GP)**

#### **8.3.2.1. A VESZ mint alapvető, sokoldalú módszer**

A 60-as évek második felében a nagy mélységű kutatás mellett három területen indult el a szondázások kiterjedt alkalmazása. Az első a sekélykutatás, azaz a mérnökgeológiai és a kis mélységű vízkutatás köre volt. Ennek a témacsoportnak *Jósa Ernő* volt a vezetője, nevezetes résztvevői közül *Dobrovolny Károlyt*, *Fejes Imrét* és *Szabó Margitot* kell megemlíteni.

A második területet a bauxit- és szénkutatás igényei jelentették, ahol néhány vezető beosztású geológus is felismerte, hogy olcsóbb szondáztatni, mint fúrni. Az új – helyesebben szólva, most már igen jelentős igénnyel komoly megrendelőként fellépő – nyersanyag-kutatási feladatok gazdaságos megoldására jó egynéhány geoelektromos térképező és szondázó eljárást honosítottak meg. Ami azonban a vertikális elektromos szondázásokat illeti, ez az eljárás megmaradt alaplómódszernek.

A bauxitkutatás megindításában *Szabadváry Lászlónak*, *Kakas Kristófnak* és *Tóth Csabának*, a szénkutatás felfuttatásában *Szabadvárynak* és *Rezessy Gézának* volt jelentős szerepe. Az érc kutatás szakmai irányítója *Erkel András* volt, *Dudás József*, *Király Ernő* és *Verő László* közreműködésével.

A harmadik terület az érc- és a közepes mélységű vízkutatás volt, ahol a gerjesztett polarizációs (GP) paraméterek mellett mindig kellett mérni a látszólagos fajlagos ellenállást is, így az ellenállás-szondázások alkalmazási területe mindig jelentős volt. Ezen a területen *Draskovits Pál* munkássága a legjelentősebb.

Bár egy-egy területen megítélhető, kinek a nevéhez fűződnek a legmaradandóbb, legfontosabb eredmények, de szinte minden kutató részt vett alaptevékenységétől távol eső feladatok megoldásában is.

### 8.3.2.2. Analóg egyenáramú ellenállásmérő műszerek

A VESz alapvető, könnyen végrehajtható, érthetően alkalmazható módszer volt már ötven évvel ezelőtt is. Schlumberger és Dahnov könyveiből az alapok ismereteseek voltak. Az ELGI 1938-tól végzett ellenállásmérést, 1951-től szondázást. A szondázások fejlesztése és alkalmazási területének bővítése *Szabadváry László* 1954-ben elkezdett, a bevezetőben említett három szálát összefogó munkájához köthető. Kialakult az analitikus kiértékelés igényeit kielégítő terepi felvételezés rendszere (Schlumberger-elrendezés, az elektródatávolság minden dekádjában tíz észlelés). Mindez szinte megkövetelte a megfelelő műszer létrehozását is. Ez, a GE-20, *Lakatos Sándor* és *Sebestyén Károly* úttörő munkásságát követően, több próbálkozás után (GE-10, GE-16), elsősorban *Dankházi Gyula*, *Erkel András*, *Jósa Ernő*, *Király Ernő*, *Szabadváry László* és *Szabó Margit* ELGI kutatók munkássága nyomán, valamint a soproni Geofizikai Mérőműszerek Gyára és az intézet (ma MTA GGI), továbbá a Miskolci Egyetem kutatóival – elsősorban *Ádám Antallal*, *Takács Ernővel* – történő együttműködésnek köszönhető. A hatvanas évek közepén az ELGI szakemberei – felkérésre – még elvégezték gyári GE-20 műszer minőségi ellenőrzését.

1964-re tehát kialakult egy kitűnő, a világon elsőként a látszólagos fajlagos ellenállást automatikusan kijelző műszerre épülő, vertikális elektromos szondázó, illetve szelvényező eljárás. A GE-20 AB = 800–1600 m-ig működött átlagos ellenállás- és zajviszonyok mellett, tehát mintegy 200–300 m-es kutatási mélység elérését tette lehetővé. Mivel erről a műszerről közvetlenül le lehetett olvasni a látszólagos fajlagos ellenállás értékét (és nem logarléccel kellett kiszámolni, mint a más típusoknál), a szondázás gyorsá és termelékenyé vált.

A GE-20 berendezés a finommechanika csodája, de nagyon drága volt, ugyanakkor a műszer teljesítménye kicsi volt (áramforrásul 10 db anódtelep szolgált). A 60-as évek közepétől mennyiségileg megnövekedett feladatok és a középhegységi, meg a külföldi kutatások szempontjából megkívánt mélység-növekedés új műszerek konstruálását, építését tette szükségessé. Ennek során készült 1966-ban a GE-25 nevű középszondázó műszer, az egyenáramú automatikus kompenzátorok legnagyobb változata. A kísérleti példányt GE-23 néven *Verő László* építette, a másodikat *Szunyogh Ferenc*, aki ezt Mongóliába vitte a Komplex Vízkutató Csoport tagjaként. E két műszerrel szerzett tapasztalatok alapján, kisebb változtatásokkal, készült az ELGI-ben a több darabból álló GE-25 sorozat.

Mindegyikben voltak új, korszerű elemek: tízfordulatú potenciométer (helipot), a Műszeripari Kutató Intézet által kifejlesztett galvanométer, majd később áram-erősség-mérő, ívkioltásos mágneskapcsoló, a kritikus helyeken teflonszigetelés, de a nyomógombok az autóbuszok leszállásjelzői voltak.

A GE-25 típusú műszerek szolgálták a 2–6 km-es  $AB_{\max}$  távolságú (azaz 300–1000 m kutatási mélységű) szondázások eszközéül. Azonos alapelveken készült egy (eredetileg) kisebb teljesítményű, kisméretű, hordozható típus is, a GE-22 (1967, *Kakas Kristóf*), majd (1971-től) a GE-2 sorozat.

A geoelektromos műszerfejlesztések a 70-es években két vonalon folytak. A DÁKO (Dunántúli Ásványkutató Osztály) műszerlaborjában az analóg elven működő GE család táp- és vevőoldali elektronikai fejlesztése folyt viszonylag kis intenzitással (csak a téli, karbantartási időszakban), az Érckutató Osztály műszerlaborjában viszont önálló költségvetési forrásokból az új digitális technikára épített egyenáramú szondázó és GP műszerek – a DIAPIR család – intenzív fejlesztése folyt, jelentős részben külső, sokszor exportpiacra.

A szén-, bauxit- és vízkutató mérések során fontos volt, hogy olcsón (kevés segédmunkással) lehessen szondázni még nehezen járható terepen is. Emiatt (eltérve a mély szondázás hagyományaitól) 1969-től tudatos cél volt a felszerelés minimalizálása, a műszerek olcsósága és nagy terepállósága, a korszerű és könnyű robbanómotoros áramforrások használata, a több célra (VESz, PM, FFG) alkalmazható bázisműszerek üzembe állítása.

A vertikális elektromos szondázások (majd a később ismertetett térképező eljárások) alkalmazásának kulcskérdése az volt, hogy honnan vegyük a földbe bevezetendő áramot. Nagy teljesítményű, könnyen szállítható, lehetőleg könnyen beszerezhető, viszonylag olcsó és emellett skálázható energiaforrásokra (tápegységekre) volt szükség – vagyis benzinmotoros generátorokra. A 60-as években ilyen célra utánfutóba szerelt, viszonylag súlyos „Csonka” típusú egyenáramú generátoraink voltak (ez hajtotta meg a GE-25 műszert). A 70-es évek elejétől lehetett hozzájutni a Honda gyártmányú, modern benzinmotoros generátorokhoz, ezek azóta is a geoelektromos kutatás alapeszközei. Különböző célokra különböző teljesítményű generátorokat vásároltunk, (300 W, 1500 W, 2500 W, 4 kW, 8kW kapacitású generátorok voltak használatosak), amelyeket háromfázisúvá alakítottunk át, így elérhető volt a 450 V-os kimenő feszültség is. Ezekhez építettük (*Pattantyús Á. Miklós* vezetésével) a GF sorozatszámú tápegységeket, amelyek az egyenirányítást és a kapcsolást végezték, autonóm (térképező) üzemmódban is.

A GE család korábbi műszereivel több probléma volt. A feszített szálal galvanométerek drágák és sérülékenyek voltak. Az integrált áramkörös galvanométer-erősítők kifejlesztése (ez *Antal András* munkája volt) nemcsak olcsóbb, hanem rázásállóbb kijelzőműszerek alkalmazását tette lehetővé. A GE-27 és a GE-P4 műszerekbe már galvanométer-erősítő került. Másik állandó probléma volt az átvezetés, vagyis a tápfeszültség és a mért potenciál nem kielégítő elszigetelése. Ennek megoldását egyrészt a mérőműszer és a tápegység mechanikai szétválasztása (külön doboz), másrészt pedig a mért áram leválasztott jelének megint csak elektronikai segítséggel történő továbbítása jelentette. Emiatt volt alapelv a külön táp, külön kompenzátor elrendezés, és a külön táp ellátta a PM-FFG mérések bázisműszerének feladatát is (emiatt automata, aszimmetrikus időkiosztású, pólusváltásos kapcsolómű is került a GF sorozat tagjaiba). Egy harmadik probléma a nagy (3–30 A) egyenáramok megszakítása, kikapcsolása volt, amikor külön meg kellett oldani az ívkioltást. A 70-es években beszerzett váltóáramú generátorok lehetővé tették az árammegszakítást a váltóáramú oldalon, ahol az ív magától kialszik, és utána már csak egyenirányítani és szűrni kellett. Az új háromfázisú tápegységek és kapcsolóművek kimenő feszültsége már megközelítette az 500 V-ot (terheléskor jelentősen leesett a feszültség). A későbbiekben az elektronika fejlődése olyan érzékenyvé tette a mérőműszereket, hogy egyre kevésbé lett szükség – igaz, csak zajmentes területen – a nagy teljesítményű tápoldalra (ami munkavédelmi szempontból sem volt kívánatos).

### 8.3.2.3. Analóg váltóáramú műszerek

A VESz műszerfejlesztés első új ötlete a váltóáram alkalmazása volt. Az ipari létesítmények közelében, városokban végzett egyenáramú méréseket az ipari zajok tették nehezen kivitelezhetővé. Az ELGI-ben készült első váltóáramú ellenállásmérő műszert, a GE-50-et már nem geofizikus építette, hanem villamosmérnök (*Vincze János*), akinek geofizikus partnere *Szabadváry László* volt. A GE-50 mintájára 1969-ben megépítették a GE-60 típust, amelynél megnövelték a tápegység kimenő teljesítményét. Sok siker egyik változathoz sem származott. Mérési problémát jelentett a mérő- és tápkábelek közötti indukciós hatás (amely ráadásul a mért ellenállástól függött) és általában a skineffektus negligálása is.

A kisfrekvenciás váltóáramú fejlesztés terén a 70-es évek elején megépített RACE-15 (resistivity alternating current equipment), majd a RACE-30 jelentett sikert. A tervezés fő szempontjai között szerepelt a tellurikus és ipari zavarokkal

szembeni érzéketlenség megvalósítása, az elektronikus alkatrészszám csökkentése az előző típusokhoz képest és természetesen az automatikus ellenállás-számítás megvalósítása. A műszer konstruktőre *Simon Pál* villamosmérnök volt, akinek geofizikus partnere, inspirálója, a mérések geofizikai elveinek kidolgozója, *Erkel András* volt.

#### 8.3.2.4. Digitális egyenáramú ellenállás- és GP-mérő műszerek

A 70-es évek közepén indult meg az ELGI legsikeresebb geoelektromos műszer-fejlesztése elsősorban *Erkel András* módszertani elképzelésein alapuló szakmai irányításával, és *Király Ernő* aktív formatervezői közreműködése mellett. Az időtartományban működő DIAPIR (digital apparent induceg polarization resistivity szavak kezdőbetűiből alkotott, de a földtanban sem ismeretlen szó) műszereket a *Simon Pál* vezette kis laboratórium tervezte és építette. Többnyire mindössze négyen dolgoztak ezen, *Simon Pál* mellett *Gyuga József*, *Molnár László* és *Pajor Antal*. A kutatási feladatok és a módszertani vizsgálatok igényeinek megfelelően, és követve a digitális technika nyújtotta lehetőségeket, több típus is készült. Többségük a látszólagos fajlagos ellenálláson kívül GP-paramétert is mért. A hazai kutatásokhoz szükséges berendezések előállítása mellett száznál lényegesen több műszeregység – adó és vevő – került eladásra. A mongóliai és kubai expedíciók DIAPIR műszerekkel dolgoztak, rendszeres volt a szállítás a Szovjetunióba, sőt egy-két példány eljutott albán, finn, iraki, kelet- és nyugatnémet, perui és román megrendelőkhöz is. Az utolsó szállításokra már a 90-es években került sor.

1974–75-ben folyt az első, DIAPIR-4005 jelű adó és vevő fejlesztése. Mérte a látszólagos fajlagos ellenállást és a lecsengési görbét öt időpontban, a gerjesztőjel kikapcsolása után 125, 250, 500, 1000 és 2000 ms-mal. Az adó 4000 VA teljesítményű volt, az áramforrás váltóáramú generátor volt. A vevő ugyan számkijelzésű volt, de alapjában véve analóg rendszerű, azaz mind a látszólagos fajlagos ellenállás, mind a polarizálhatóság meghatározása analóg módon történt. Mindössze három példány készült belőle, a terepi használat során nyilvánvalóvá váltak hiányosságai:

- a mérés meglehetősen lassú volt, a látszólagos fajlagos ellenállás és a polarizálhatóság mérését külön ciklusban kellett végezni, az ismétlődő mérések számát az észlelő határozta meg a mért értékek szórása alapján,
- a vevő súlya elég nagy volt, az adót és vevőt kábellel össze kellett kötni,

- főként a kijelzőn három másodpercenként megjelenő polarizálhatóság-értékek feljegyzése volt nagy figyelmet igénylő, fárasztó munka, sok hiba-lehetőséggel.

Bár a lecsengési görbéből vett öt minta már lehetővé tette a jelalak-analízist is, de ennek akkor még nem volt kellő megalapozottsága, és a terepi kutatások másfajta műszert igényeltek, mely helyettesíthette az IPR-7 vevőt. 1976 és 1978 között alakult ki a DIAPIR-E (expressz) berendezés, amellyel a mérés sokkal gyorsabbá vált. Ezt segítette, hogy autonóm üzemmódban is tudott dolgozni, és a PS-kompenzálás automatikus volt. Nem autonóm üzemmódban mérte a látszólagos fajlagos ellenállást, és mindkét üzemmódban három GP-paraméter közül lehetett választani. Mivel az ELGI vásárolt néhány GESKA műszert (Geofizika Brno), amely 250 ms-nál mérte a lecsengési görbe amplitúdóját, a DIAPIR-E ezt is tudta, de mérte a Newmont-szabvány szerinti tölthetőséget, illetve egy késői, 5000 és 5650 ms közötti tölthetőséget (hosszú lecsengési görbék vizsgálatára). A gerjesztő impulzus hossza is változtatható volt: 8, 16, 32 vagy 64 s. Hálózatos mérésekre nagyon alkalmas volt, idehaza a Börzsönyben, külföldön pedig a mongóliai és kubai expedícióban is előszeretettel használták. A DIAPIR-E is digitális kijelzésű, de analóg rendszerű műszer volt. Ebből a típusból – a 4000 VA-es adóval – 12–15 példány készült exportra, majd kissé áttervezett, továbbfejlesztett változatából 1980 után 15–20 darab, szintén exportra, azaz összesen több mint 50 műszer-egység.

Több mint harminc évvel ezelőtt – vö. ezt a fejezetet 2014-ben *Simon Pál* közreműködésével frissítettük fel – valószínűleg nem fogalmazódott meg, de ma már látható, hogy milyen tényezők játszottak közre a DIAPIR műszerek legfejlettebb és teljesen digitális változatainak tervezésében. Mind módszertani, mind műszertechnikai és piaci szempontok szóba jöhettek. Módszertanilag az látszott, hogy a jelalak-analízissel még nem lehet olyan egyértelmű forrás azonosítást, azaz az ércesedési típus azonosítását végezni, mint amilyen kőzetfajta-azonosítás lehetséges a fajlagos ellenállás segítségével (például homok-agyag elkülönítése). Ugyanakkor a GP egyre jelentősebb szerepet kapott a vízkutatásban, a vízáadó rétegek minősítésében. Ehhez elegendő volt a látszólagos polarizálhatóság értéke, és nincs szükség a jelalak vizsgálatára. A 80-as évek elején a digitális technika – legalább is a geoelektromos műszerek fejlesztési és gyártási költségeinek keretei között – még nem tette lehetővé, hogy gyors és egyszerű terepi mérésekre és módszertani vizsgálatokra is alkalmas berendezés épüljön.

Ugyanakkor a DIAPIR-E sikere azt mutatta, hogy térképező terepi műszerre komoly igény van. Akár megfogalmazódtak ezek a szempontok, akár nem, a műszerfejlesztés ebben az irányban folytatódott, egy kis kitéréssel. Ez csupán annyit jelentett, hogy az 1982-ben induló munka első eredménye, a D-10R csak a látszólagos fajlagos ellenállást mérte, GP-paramétert nem. Először a primer jel, a látszólagos fajlagos ellenállás meghatározásához szükséges potenciálkülönbség mérése igazolta, hogy

- több jel súlyozott átlagolásával, és
- a „pontszerű” mérés helyett a 20 ms (az 50 Hz-es hálózati feszültség periódusideje) egész számú többszörösének megfelelő ablakban való jelintegrálással mintegy egy nagyságrendnyi javulást lehet elérni a jel/zaj viszonyban.

A D-10R névben a 10-es szám arra utal, hogy a vevővel egy dobozban 10 W-os adó is volt, ezzel  $AB_{\max} = 1000$  m-ig lehetett Schlumbereger-elrendezésű szondázást végezni (hasonló mérést a GE-20 anódtelepes áramforrásával, azaz 100 W teljesítménnyel tudott elvégezni). A D-10R-ből nagyjából tíz db készült, csak hazai felhasználásra.

A jel/zaj viszony javításának két módszerét a szekunder jel mérésében is felhasználták, így jött létre a DIAPIR-18 vevő, amely már teljesen digitális műszer volt. Nem autonóm üzemmódban vezérelte a hozzá tervezett adókat, meghatározta a látszólagos fajlagos ellenállást (ehhez szükség van az áramerősség értékének eljuttatására az adóból a vevőbe, valamint ehhez és a vezérléshez szükséges a kábeles összeköttetés), külön mérési ciklusban pedig egyet az igen sokféleképpen megválasztható időparaméterű gerjeszthetőségek közül.

Az eddigiekben kevés szó esett az adókról, igaz, elektronikailag ezek kevésbé bonyolultak, mint a vevők, és feszültség- és áramadataik alapján inkább az erősáramú berendezések közé tartoztak. A DIAPIR-18-hoz háromféle adó is készült. A 10 W teljesítményű áramforrása egy saját akkumulátor volt, a 200 W-osé egy gépkocsi-akkumulátor, a 4 kW-osé pedig egy váltóáramú generátor. Autonóm üzemmódban az adót a vevő vezérelte, ezen lehetett beállítani a gerjesztő impulzusok és a köztük lévő, az impulzussal azonos időtartamú szünetek hosszát. A beállítható értékek  $1,6 \cdot 2^k$  s, ahol  $0 \leq k \leq 8$  közötti érték lehetett. Egy GP-mérési ciklus három, váltakozó előjelű gerjesztőimpulzusból, és három, a szekunder feszültség mérésére szolgáló szünetből állt.

A szekunder feszültségből gerjeszthetőség jellegű paramétert határozott meg a műszer, a mérés azonban nem pillanatszerű volt, hanem a jel/zaj vi-

szony javítása érdekében változtatható hosszúságú integrálérték. Az integrálás időtartama 100, 200, 400 és 800 ms között változtatható, de a kijelzett érték már 100 ms-ra van normálva (ezért gerjeszthetőség és nem tölthetőség jellegű a mért paraméter). A szekunder jel mérési időpontja 100 ms-os lépésekben növelhető. A három értéket – a gerjesztőimpulzus hossza, a késleltetési idő és az integrálási ablak hossza – az észlelőnek kellett beállítani, természetesen ügyelve a beállított idő paraméterek összhangjára. Így is a legrövidebb, 1,6 s-os gerjesztés esetén is összesen tizenöt különböző késleltetési idejű, 100 ms-os integrálással nyolc, 200 ms-ossal négy, 400 ms-ossal kettő és végül 800 ms-os integrálás mellett egyetlen polarizálhatóságérték mérhető. Ez azt jelenti, hogy bár nem egyetlen lecsengési görbén mért értékekből akár jelalakvizsgálatra is alkalmas adatsor mérhető, az ilyen mérés azonban nagyon időigényes.

A látszólagos fajlagos ellenállás meghatározásához a műszer a gerjesztés alatti primer jel második feléből vett mintát, ugyanis a GP-jelenség nemcsak lecsengési, hanem „felcsengési” görbét is eredményez, azaz a gerjesztőáram bekapcsolása után csak bizonyos idővel éri el a primer feszültség végleges értékét.

A DIAPIR-18/A autonóm üzemmódban működött, azaz az adónak önmagát kellett vezérelnie, a vevő nem mérte a látszólagos fajlagos ellenállást, viszont hálózatos mérésekben az adótól teljesen függetlenül mozoghatott, és mérte a beállított polarizálhatósági értékeket. Legnagyobb darabszámban a DIAPIR-18 vevőt, különböző teljesítményű adókkal, sikerült értékesíteni. A 80-as évek közepétől a 90-es évek elejéig 60–70 műszeregységet exportált az ELGI.

A geoelektromos műszerfejlesztés fő vonala tehát az inkább analóg DIAPIR-4005-től a teljesen digitális DIAPIR-18-ig tartott. A teljesség kedvéért meg kell említeni, hogy még a 70-es évek közepén elkészült a DIAPIR-4010/N, 0,125 és 3 s között tíz időpontban méri a látszólagos polarizálhatóságot, és ezeket az adatokat tárolta, melyek aztán kívánság szerint kiolvashatók voltak a tárból. Csak laboratóriumi mérésre volt alkalmas. Módszertani vizsgálatokra később elkészült egy analóg regisztráló is, amellyel – főként kísérleti céllal – hosszú ideig, akár percekig lehetett rögzíteni a lecsengési görbét (*Török Gyula* munkája). Megfelelő jel/zaj viszonyt csak kis behatolási mélységű mérésekben lehetett biztosítani, emiatt legtöbbször fúrólukokban történtek mérések. Ezt váltotta ki a Budapesti Műszaki Egyetem szakemberei által készített digitális regisztráló.

Egészen más irányú munka eredménye lett az APP-p fantázianevű, egyfajta nagyobb zsebrádióhoz hasonló méretű műszer. Ezzel néhány méteres AB távolsággal lehetett mérni a látszólagos fajlagos ellenállást.



A GP – és a hozzá szorosan kapcsolódó fajlagos ellenállás – módszer- és műszerfejlesztése *Erkel András* korai halálával, majd a műszerek gyártása a rendszerváltás után nem sokkal végleg lezárult az ELGI-ben. Elgondolkodtató, hogy a D-10R műszert 1998 és 2001 között az ELGI volt szakemberei a KBFI-TRIÁSZ Kft. (Központi Bányászati Fejlesztési Intézet) finanszírozásával tovább fejlesztették. A RESP-12 műszer a látszólagos fajlagos ellenállás mellett kijelezte a kikompenzált PS-értékét is, az erősítés beállítása automatikus volt, és volt RS-232 kimenete is. Ebből a műszerből tucatnyi készült. Ugyancsak készítettek ezek a szakemberek egy sokelektrodás méréshez szükséges kapcsolórendszert is, az ELGI azonban inkább az AGI (Advanced Geosciences, Inc.) rendszerét vette meg.

#### 8.3.2.5. Digitális egyenáramú ellenállás- és GP-mérő műszerek

A visszatérést az egyenáramra a megnövekedett (néhány száz méteres) kutatási mélység, a váltóáramú fejlesztések elmaradó sikere és az érc- és bauxitkutatás során egyre elterjedtebben alkalmazott GP- (gerjesztett polarizáció) mérések indokolták.

Az ELGI legsikeresebb geoelektromos műszerfejlesztése elsősorban *Erkel András* szakmai irányításával, de *Király Ernő* aktív közreműködése mellett, és a *Simon Pál* vezette kis laboratórium munkásságának köszönhetően véghezvitt DIAPIR (digital, apparent resistivity, induced polarization szavak kezdőbetűiből) műszerfejlesztés volt, amely műszerek többsége a fajlagos ellenálláson kívül a gerjesztett polarizáció mérésére is alkalmas volt. Ezekből a műszerekből az ELGI Dél-Amerikától Ázsiáig, Európától Afrikáig mintegy 200 darabot exportált is.

Az első DIAPIR jelű digitális, automatikus, potenciál- és gerjesztettpolarizáció-, valamint fajlagosellenállás-mérő berendezéseket 1977-ben tesztelték. A gerjesztett polarizációt oly módon mérte, hogy az eredmények jelalak-analízisre is alkalmasak voltak. A módszertani kutatások ugyanis bebizonyították, hogy a jelalak-analízisben rejlik a különböző ércesedési típusok (hintett, hálós-eres, tömzsös) szétválasztásának lehetősége. Kedvező mérési feltételek mellett a 0,125–128 s időtartományban végezhetek mérést, és az így kapott 11 polarizálhatósági értékből szerkeszthető lecsengési görbét több komponensre is bonthatták.

1977-ben már négy DIAPIR-4005 típusú mérőműszert használtak rutinszerűen a hazai és külföldi érc kutatásokban. A mérési idő tartományát a DIAPIR-4010/N típusú műszernél lényegesen megnövelték. A műszer 10 időpontban

méri a látszólagos polarizálhatóságot 0,125–3 s között, és ezeket az adatokat tárolja. A ciklus ismételhető. A mérési adatok kívánság szerint kiolvashatók a tárból. Ezt a típust elsősorban a nagy időállandójú, tömzsös, teléres ércesedések részletes kutatására tervezték.

1978-ban építették a DIAPIR-E (expressz) digitális, egyenáramú, automatikus műszert, amely fajlagos ellenállást és különböző GP-paramétereket mért, digitális formában jelezte ki a fajlagos ellenállást, a 0,25 s-hoz tartozó polarizálhatóságértéket, vagy a 0,77 s és 5,325 s-hoz tartozó tölthetőségértékét. A műszer kezelése rendkívül egyszerű volt. Átnézetes és hálózatos méréseknél igen eredményesen alkalmazták.

A család két új típusa a D-10R és a DIAPIR DP volt. Ezekben a terepi mérések előzetes feldolgozására olyan beépített programok működtek, amelyek a harmonikus és impulzus jellegű zajok hatásának csökkentésével a jel/zaj viszony másfél-két nagyságrendnyi javulását tették lehetővé. A mérőműszerek teljesen automatikusan mérték a primer és szekunder jelek integrál-középértékét, számolták azok súlyozott átlagát, és négyszámjegyes kijelzőn adták meg az eredményeket.

A műszercsalád legfejlettebb tagjai a DIAPIR-18 és a DIAPIR-18/A. Ez utóbbinál a gerjesztőáram kikapcsolása (a primer jel hirtelen csökkenése) indítja a GP-mérést. A DIAPIR-18 és DIAPIR-18/A műszereknél a jel/zaj viszony javítására kidolgozott eljárásokat alkalmaztak a szekunder feszültségekre, és ezt szabaddalmaztatták is. A műszer 1,6 s gerjesztési idő melletti mintavételezési idősorából 15-féle variáció szerint az optimális volt kiválasztható.

Elkészült egy analóg regisztráló is, amellyel – főként kísérleti céllal – hosszú ideig, akár percekig lehetett rögzíteni a lecsengési görbét (*Török Gyula* munkája). Megfelelő jel/zaj viszonyt csak kis behatolási mélységű mérésekben lehetett biztosítani, emiatt legtöbbször fúrólukokban történtek mérések. Ezt váltotta ki a Budapesti Műszaki Egyetem szakemberei által készített digitális regisztráló. A módszer- és műszerfejlesztésnek ez az iránya *Erkel András* korai halálával lezárult.

#### 8.3.2.6. Egy kis váltóáramú kitérő

Egy apróságot kell megemlítenünk, amely befolyásolhatta, hogy a gerjesztett polarizáció két nagy módszere, a frekvencia- és időtartomány közül miért az utóbbi vált szinte egyeduralkodóvá az ELGI-ben. A 60-as években vált világhosszá, hogy a

GP-re szükség van. Az elméleti előkészítés mellett gyakorlati kipróbálás is megtörtént. A nemzetközi vásárra elhozta műszerét egy, a frekvenciatartományban vezető szerepet játszó kanadai cég. Arra is hajlandó volt a cég képviselője, hogy egy terepi kísérletet végezzen. Ez a Börzsönyben zajlott volna le, de még a kábelek kiterítése előtt olyan zivatar tört ki, hogy alig sikerült kijutni a hegyből. Ezzel a frekvenciatartománybeli műszerek vendégszereplése be is fejeződött.

A 80-as években *Dankházi Gyula* irányításával készült el a SEF-4 típusú műszer. Az adó négy frekvencián működött: 0,1, 0,8, 4 és 20 Hz-en. Az adót és vevőt nagy pontosságú, termosztátba helyezett kvarcoszcillátorok szinkronizálták. Ez biztosította azt a frekvenciát, amit a 0-fázistolású erősítő követelt meg. Erre azért is szükség volt, mert a műszer a fenti frekvenciákon a gerjesztőáram és az MN elektródákon mérhető jel közötti fázisszöget tizedfok pontossággal mérte. További problémát jelentett, hogy mind a négy frekvencián azonosnak kellett lennie az adó áramának valamennyi beállítható (0,02, 0,05, 0,1, 0,2, 0,5, 1 és 2 A) áramerősségnél. Ez azt biztosította, hogy a különböző frekvenciákon mért fajlagos ellenállás-értéket össze lehessen hasonlítani (a frekvenciatartományban a fázisszög mellett ez a százalékos frekvenciahatás a leginkább használt paraméter). Ezt a problémát áramgenerátor segítségével sikerült megoldani. A frekvenciaváltás és az áramok átkapcsolása nagy teljesítményű kapcsolóval történt. A készülék a beépített analóg–digitál átalakítóval négy számjegy pontossággal mérte a fajlagos ellenállást. A vevő érzékenysége 10 V/digit volt. Az érzékenységváltás is fokozatkapcsolóval történt.

A frekvenciatartománybeli mérések számára igen kedvezőtlen, kis – 1 m alatti – ellenállású terület (Nekézseny) ellenére is sikeresen vizsgázott a műszer. Rudabányán is sikeresen megbirkózott a 100 m-es dipól–dipól elrendezéssel is. Sajnos gyakorlatilag ez volt az összes terepi mérés, amelyet a műszerrel elvégeztek. Ezeknek a méréselnek a módszertani és a műszer használhatóságára vonatkozó részletes feldolgozását *Verő László* végezte el.

### 8.3.2.7. Vertikális elektromos szondázások kiértékelése

A vertikális elektromos szondázások grafikus kiértékelésre (az akkori nemzetközi színvonalnak megfelelően) a görbesereges két rétegre bontást alkalmazták, amelyekhez az elméleti görbéket kezdetben maguk számolták. Komoly előrelépést jelentett, amikor 1966-ban megkapták a francia CGG Schlumberger, majd az SEG Orellana–Mooney háromréteges görbesereg-gyűjteményeit. Evvel az el-

járással többéves gyakorlatra volt szükség ahhoz, hogy a kiértékelő geofizikus elfogadható (stabil) rétegsort tudjon konstruálni, hiszen számítógépes modell-számításra nem volt lehetőség.

Az elektromos szondázások kiértékelési gyakorlatában a számítógépek megjelenése, elterjedése hozott változást. 1964-től kezdődően először csak annyit, hogy a matematikusok (*Zilahi-Sebess László, Köröss István*) által készített szondázásigörbe-számító programokat (kezdetben MITRA, majd gépi kódban) az MTA számítógépén bérelt időben a geofizikusok által igényelt rétegvastagság- és fajlagosellenállás-paraméterekre lefuttatták, és általában egy hét elteltével a megrendelő geofizikus megkaphatta a kirajzolt elméleti görbéket. Emiatt a terepi kiértékelésnél a grafikus eljárás még hosszú ideig megmaradt.

A 60-as évek legvégén, a 70-es évek elején a VESz módszertani problémák között az első helyen az ekvivalencia vizsgálata volt. A számítógépes görbeszámítás lehetőségeivel élve nagy mennyiségű elméleti görbét rajzoltattak ki, hogy érzékeljék az észrevehető és az észrevehetetlen különbségeket, azaz a felbontóképességet (*Pázsit Mária, Szabadváry László*). A rugalmasabb görbeszámítás lehetősége 1971-től az ELGI MINSZK-32 számítógépén valósulhatott meg *Makai Mihály* tevékenysége révén.

A következő jelentős lépés 1976-ra tehető, amikor a geofizikusok asztalára (a veszprémi terepi csoport lakókocsijába is) kerülhetett egy-egy HP 9815 asztali számítógép, amelyeknek egyre több feladat megoldására szolgáló programjait a *Bojár Gábor* vezette matematikus csoport készítette. Munkájukban felhasználták az ELTE geofizikusainak, *Salát Péternek* és *Drahos Dezsőnek* munkáit is (például a diszkrét konvolúciós algoritmust a VESz-görbék modellezéséhez szükséges integrál számításához). 1978-ban már háromdimenziós matematikai modellezésre is vállalkozhattak.

1979-től a lehetőségek a HP 9845 gépekkel tovább bővültek. Így már nem az Akadémián, hanem az ELGI-ben számíthatták ki az elméleti VESz-görbéket, mégpedig néhány perc alatt, ami jelentősen meggyorsította a terepi görbék kiértékelését. Ezen túlmenően, többek között *Gosztonyi László, Szigeti Gábor* munkássága révén, ezeken a gépeken valósulhatott meg a Kutatás Irányítási Rendszer (KIR), amely alkalmas volt egy kutatási terület összes földtani és geofizikai ismeretének tárolására, együttes értelmezésére és különböző paraméterek térképeinek kirajzolására.

1980-tól párhuzamosan végeznek matematikai és fizikai modellezéseket. Ez utóbbi az MTA GGKI-ban, Sopronban megvalósult modellkádban történt,

amelynek finanszírozásában az ELGI is részt vállalt, és a két intézmény kutatói szoros együttműködésben dolgoztak. Ez a tevékenység már nemcsak az egyenáramú, hanem az elektromágneses problémákkal is foglalkozott.

A 80-as évek elejétől az R-35 nagyszámítógép adott új lehetőségeket, elsősorban a kétdimenziós modellszámítások területén, azonban még az egyszerű modellek is jelentős gépidőt igényeltek. Ugyanakkor *Varga Mihály* az ún. Polozhii-féle dekompozíciós módszert alkalmazva elérte, hogy professzionális asztali számítógépeken is megvalósulhattak a 2D modellszámítások, és ezzel lényegesen egyszerűsítette a geofizikus kutatók helyzetét, az eredményhez való hozzájutás lecsökkentett idejével.

Az ELGI elektromos és elektromágneses elméleti munkái a 90-es évek elejétől, az intézeti létszámcsökkentés után, elsősorban *Prácser Ernő*höz köthetők. Az egydimenziós modellekre inverziós programot készített, amely lehetővé teszi a különféle mérések (egyenáramú, tranziens és MT) feldolgozását külön-külön vagy együttesen. Kétdimenziós modellek terén foglalkozott a direkt feladat számításával és az inverz feladattal, különféle egyenáramú elektródaelrendezésekre. A 3D esetre direkt feladatot számító programot készített, amely segítséget nyújt a mérések tervezéséhez bonyolultabb földtani szerkezetek esetében is. A nemzetközi szakirodalomban megjelent eredmények alapján olyan kiértékelő eljárást is vizsgált, amely nem a földben levő anyagok vezetőképességére ad egy becslét, mint az inverziók általában, hanem a mélybeli töltések eloszlására. Ez a különböző vezetőképességű anyagok határfelületeit mutatja meg.

#### **8.3.2.8. A gerjesztett polarizációs mérések kiértékelése**

A gerjesztett polarizációs mérések értelmezése – bár vannak GP-szondázási görbéket kvantitatív módon kiértékelő módszerek – a gyakorlatban más értelmezési eljárások alakultak ki. Ezek egyike a jelalak-analízis, azaz a lecsengési görbék valamilyen matematikai modellel való leírása, valamint a modell paraméterei és a ható anyagi paraméterei közti összefüggés megállapítása, a ható minősítése. Az időtartományban eléggé kézenfekvő az exponenciális függvényekkel való közelítés, bár sem az amplitúdókhoz, sem az időállandókhoz nem rendelhető közvetlenül földtani információ. A viszonylag kevés adatot szolgáltató DIAPIR műszerekhez programozható kalkulátorokra *Verő László* írta azokat a programokat, amelyek két összetevőre bontották a terepen mért rövid lecsengési görbéket.

Még a kevés GP-paramétert mérő Diapir-E műszer adatait is lehetett összetevőkre bontani közelítő módon, ha állandónak vettük a háttér időállandóját. Ilyen módon lehetett elválasztani az ofiolitos háttér és a fiatalabb ércesedés hatását a kubai érc kutatás során (*Kakas Kristóf* munkája a PTA1500 miniatűr számítógépen).

A hosszabb görbéket több, akár öt-hat komponenssel lehetett csak megfelelően leírni. Erre a célra először interaktív programot írt szintén *Verő László* HP-9815-re, majd a Marquardt-algoritmus alapján *Csörgei József* egy automatikus feldolgozóprogramot HP-9845-re.

A másik értelmezési eljárás eredménye hasonlóképpen anyagi jellegű információt ad, de egészen más megközelítéssel. Az érc kutatásban ritka a rétegzett modell, így a szondázást nem nagyon alkalmazzák. A vízkutatásban más a helyzet. A vízáadó és vízázó rétegek a fajlagos ellenállás alapján elkülöníthetők, mélységük, vastagságuk meghatározható. A műszerfejlesztés óriási eredménye volt, hogy ugyanazzal a műszerrel, ugyanabban a felállásban, lényegében teljesen azonos körülmények között – mindössze egyetlen műszerkapcsoló átállításával – lehetett mérni a látszólagos fajlagos ellenállást és a polarizálhatóságot. Ez azért volt lényeges, mert így a komplex geofizikai kutatás egyik alapeleme (több, egymástól független paraméter mérése) igen gazdaságosan, külön felvonulás nélkül, egy időben valósulhatott meg. Eredményei közül az alábbiakban kettőt emelünk ki.

*Rétegzettség.* A Maros hordalékkúpjának komplex kutatása során 1979–81-ben kapott fajlagosellenállás- és polarizálhatóságtérképek jellege egymástól lényegesen különbözött. A területen mélyített fúrásokban végzett mérések (nem mélyfúrás-geofizikai, hanem a felszíni műszerrel a fúrólyukban végzett pontszerű mérések) során észrevették, hogy az agyag–homok réteghatáron a fajlagos ellenállás monoton növekedve megy át az agyagokra jellemző kis értékekből a homokok nagy értékeibe, ugyanakkor a polarizálhatóság nem így viselkedik. Az agyagokban alacsony, a tiszta homokrétegek belsejében közepes, míg magukon a réteghatárokon lokális maximumértékeket vesz fel. Addig is ismert volt, hogy agyagokból, homokokból és ezek keverékeiből álló összletekben a fajlagos ellenállás számértékéből a rétegsorban levő összes porózus anyag mennyiségére lehet következtetni. Lényeges új eredmény volt, hogy a polarizálhatóság szintjéből a rétegzettségre lehet kapni kvalitatív ismereteket. Az alacsony polarizálhatóságértékeket úgy értelmezik, hogy a rétegsor összes homoktartalma kevés, egyenként vastag rétegben települ, míg a nagy polarizálhatóság sok, egyenként vékony rétegből álló szendvicsszerkezetre utal. Az azonos fajlagos ellenállás-

sal jellemezhető, azaz korábban azonos vízföldtani értékűnek tartott területek között tehát egy második paraméter, a polarizálhatóság mérésével különbséget tudtak tenni. A fenti értelmezés helyességét a később telepített vízkutak termelési adatai megerősítették: a nagy ellenállású és alacsony polarizálhatóságú körzetekben mélyített kutak háromszor-négyszer annyi vizet adtak, mint a hasonlóan nagy ellenállású, de sokkal nagyobb polarizálhatóságú körzetekben azonos fúróbrigád által, azonos technológiával és azonos paraméterekkel létesített kutak. További megerősítés volt, hogy egy teljesen más felépítésű területen, a Mura és a Kerka mentén mélyített fúrólyukban a homok–agyag réteghatáron a polarizálhatóság és a fajlagos ellenállás ugyanígy viselkedett. Mellesleg, ezen tapasztalatok alapján indult meg az ELGI-ben a mélyfúrás-geofizikai GP-fejlesztés.

*Talajvizek szennyezettsége.* A 90-es évek elején több ízben is észrevették, hogy a talajvízben oldott szervesetlen sók mennyiségének változásaira mind a fajlagos ellenállás, mind pedig a polarizálhatóság reagál, de eltérő módon. Változtatlan egyéb körülmények mellett a sókoncentráció növelésével a fajlagos ellenállás monoton csökken (ez megint nem új eredmény), a polarizálhatóság pedig előbb növekszik, majd egy bizonyos közepes – számértékét tekintve valószínűleg helyről helyre változó – koncentrációnál maximumot ér el, és a koncentráció további növelésével már rohamosan csökken. Tehát ismét azt kapták, hogy a fajlagosellenállás-térképek jellege gyökeresen eltér a polarizálhatóságtérképektől, a jellemző szélsőértékek területileg egyáltalán nem esnek egybe. Noha a jelenség fizikai-kémiai alapjait az időközben elnyert, OMFB-támogatással végzett laboratóriumi vizsgálatok sem tudták tisztázni, a terepi tapasztalatokat ezekkel a mérésekkel teljes mértékben sikerült rekonstruálni.

Mindkét említett esetre az jellemző, hogy két paraméter együttes méréséből olyan többletinformációkat kaptak, amelyeket külön-külön sem az egyik, sem a másik paraméter nem szolgáltatott volna. A lényeges új információ ugyanis a két paraméter kapcsolatának jellegében áll. A fenti példákból díjnyertes szakcikk, hazai és nemzetközi fórumon megtartott előadás, valamint *Draskovits Pál* tudományos (PhD) fokozata született.

Felmerülhet, hogy ezek a tapasztalatok miért a hazai érc kutatás lecsengése után születtek. Azért, mert a talajvízes problémakörben a polarizáció jelenségét nem az ércszemcsék felületén lejátszódó folyamatok, hanem a talajvíz mint híg elektrolit áramlásával kapcsolatos membrán-, elektrokinetikus és elektrolitikus polarizációs folyamatok okozzák. Az ezek során kialakuló másodlagos potenciál sokkal kisebb, mint az érces polarizáció esetén, ezért az ércmentes közegek po-

larizációs vizsgálatának előfeltétele volt az elektronikai ipar olyan mértékű fejlődése, amely lehetővé tette a mérőműszerek érzékenységének és felbontóképességének jelentős, valóban nagyságrendnyi növelését.

### 8.3.3. Új módszerek a nyersanyagkutatásban

#### 8.3.3.1. Potenciáltérképezés (PM)

A 60-as évek végére az ELGI sok tapasztalatot gyűjtött a különböző hatómélységű elektromos szondázásokkal (sekély, közép- és dipólszondázások), de nem volt olyan geoelektromos módszere, amellyel egy adott területet viszonylag olcsón és gyorsan meg lehetett volna kutatni. 1968-ban *Kakas Kristóf* francia példa alapján javasolta a „rögzített tápelektrodás ellenállás-szelvényezés” bevezetését. Az első kísérleti méréseket *Erkel András* és *Nyitrai Tibor* végezte 1968 nyarán. Egyértelmű volt, hogy a módszerrel detektálhatók a nagy ellenállású aljzat eltemetett vetői. A következő években hatékony és sokfelé alkalmazható módszerrel fejlődött a potenciáltérképezés (Potential Mapping, PM), hazai elnevezéssel: a potenciáltérképezés módszere (PM) mint az aljzatdomborzat és a szerkezeti vonalak kutatásának egyszerű és gazdaságos módszere. Alkalmazásának legszebb példáit a bauxit- és szénkutatás szolgáltatta, de jó módszernek bizonyult a víz- és érckutatásban is. A gerjesztettpotenciál- (GP-) méréseknél ugyanilyen terítési elrendezést gyakran használnak. Potenciáltérképezésről azonban (az Intézetben kialakult gyakorlat szerint) csak akkor beszélünk, ha szigetelő (nagy ellenállású) aljzat felett mérünk, hiszen csak ekkor határozható meg a behatolási mélység, azaz az összegzett hosszirányú vezetőképesség ( $S$ ).

Alapesetben a potenciáltérképezés egymástól távoli, a mérés közben rögzített (felszíni) árambetápláló elektródák potenciálterének a tápvonallal (az AB-vonallal) párhuzamos szelvények menti feltérképezéséből áll. A módszer pálya-futásának néhány epizódja:

Már a kezdetekkor nyilvánvaló volt, hogy nagy energiájú, automatikusan működő árambetápláló bázisműszerre és gyors, egyszerű, nyakba akasztható méretű potenciálműszerekre van szükség. A váltóáramú generátorokkal meghajtott GF tápegységek (*Pattantyús Á. Miklós*) nemcsak a potenciáltérképezésben, hanem a szondázásoknál is jó szolgálatot tettek. A  $\Delta V$  potenciálgradiens mérésének céljára először a GE-P2 (*Kakas Kristóf*), majd a GE-P4 (*Antal András*) kompenzátorokat gyártották nagy sorozatban. Ez a terepi felszerelés tette lehetővé később az FFG/BFG-mérések megvalósítását is.



A potenciáltérképezés szigetelő aljzatot tartalmazó féltér esetén a szigetelő aljzat feletti vezető összlet (összegzett hosszanti) vezetőképességét adja meg. A vezetőképesség-térképen már látszanak a földtani szerkezetek (vetők, bauxittöbrök, medencehatárok). Ha az aljzat a fedőhöz képest nem eléggé nagy ellenállású (vagy a fedőben nagy ellenállású rétegek is vannak), akkor a tápvonal hosszúságát optimalizálni kell, azaz a kutatandó mélységhez kell illeszteni. A kiértékelés kezdetben homogén féltérre vonatkozó normálással történt. 1973-ban *Simon András* kidolgozta a kétréteges féltérre vonatkozó normálást is, ami a medencealjzat leképezését (térképezését) pontosabbá tette. A vezetőképesség-térképet először kézzel számolták, de a számoló-, majd számítógépek terepi alkalmazásával, a „térképező programrendszer” kidolgozásával a feldolgozás gyors rutinfeladattá vált.

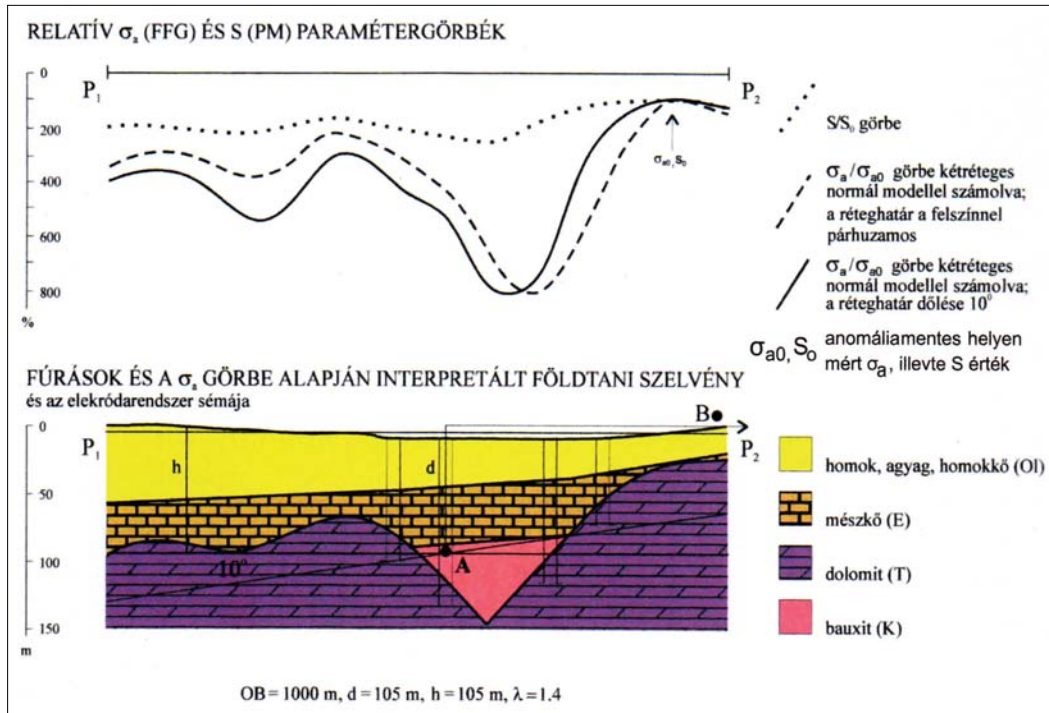
Ismert, hogy a bevezetett áram hatására kialakuló potenciáltér a földtani felépítést csak torzultan tükrözi, az eredmény gyakran az AB-vonal irányától is függ. Cél volt olyan terítési rendszerek kidolgozása, amellyel a leképezés irányfüggetlenné (invariánssá) tehető, azaz a vezetőképesség-térképeket meg kellett szabadítani a tápvonal telepítésétől függő álanomáliáktól. Mivel a mérési adatok és a vezetőképesség-eloszlás között tenzoriális összefüggést célszerű feltételezni, ezért definiálták az invariáns vezetőképességet, amelyhez azonban a  $2 \times 2$ -es tenzornak mind a 4 adatát ismerni kellett volna. Az 1970. évi, a Vértesplatón végzett kísérleti mérésekkel mind a vektoriális (egy AB, 2 ortogonális gradiens), mind a kétirányú (2 AB, az AB-vel párhuzamos 2V) mérési rendszereket vizsgáltuk. Valószínűsíthető volt, hogy az invariáns vezetőképességet a két, egymásra merőleges tápvonallal történő méréssel kapott „átlag-vezetőképesség” jól közelíti. A vektoriális és tenzoriális mérések természetét végül 1973-ban a readingi egyetem geoelektromos modellező laboratóriumában sikerült *Kakas Kristófnak* vendégkutatóként tisztázni.

A 70-es évek közepére, amint az az előzőekből látható, a potenciáltérképezésnek megvolt a terepi technikája, érthetőek voltak a leképezési sajátosságai, gépésítve volt a feldolgozása, és sok-sok értelmezési tapasztalat gyűlt össze. Ennek eredménye volt a tömeges alkalmazás a bauxit- és szénkutatásban.

#### **8.3.3.2. Fúróluk-elektrodás felszíni gradienstérképezés**

A 70-es évek elejével kezdődően napirendre került a kisméretű és nagy ellenállású fedőréteg alatt fekvő medencealjzat-bemélyedések (töbrök) mint po-

tenciális bauxittárolók kutatása. Ezt a feladatot az addig ismert és alkalmazott VESZ és PM módszerrel kielégítően nem lehetett megoldani. Az előbbiekenél nagyobb felbontóképességű és árnyékoló réteg esetében is eredményes egyenáramú módszereket dolgoztak ki (Simon András, 1973–1975). Ezek lényege, hogy a tápelektrodá(ka)t fúrásba, a kutatandó objektum közelébe, az árnyékoló réteg alá helyezték (így az objektumok hatása az áramtérre nagyobb lett, és az árnyékoló réteg hatása jórészt kiküszöbölődött). A feldolgozáskor az objektumok által okozott anomáliákat kétréteges féltérre vonatkozó normálálással a háttérből kiemeltük, szemléletesebbé tettük. Bár hasonló elektródarendszerekkel korábban külföldön is végeztek méréseket érc-törmzsök kutatására (ez volt a klasszikus „misse a la masse”, vagy a „töltött test/charged body” eljárás), a fúrólyuk-elektrodás módszerek alábbi, medencealjzat-térképező változatai az ELGI saját fejlesztései voltak.



8-45. ábra. FFG- és PM-leképezés egy Bakonyoszlop környéki bauxittároló töbor felett

A fúróluk-elektrodás felszíni gradienstérképezés (FFG) során az egyik áramelektroda volt fúrásban, az árnyékoló réteg alatt. A felszínen a fúrás adott környezetében mérték a potenciálgradiens két ortogonális komponensét. A feldolgozás során a nagy ellenállású szintig terjedő összlet látszólagos fajlagos vezetőképességének értékeit számolták ki a potenciálgradiens kétréteges normálásával. Kimutatták, hogy a vezetőképesség paraméter elsősorban a nagy ellenállású szint mélységváltozásait (a töbröket), másodsorban – sajnos – a fedőösszlet ellenállásváltozásait tükrözi. Az első ilyen mérés 1973 tavaszán egy bakonyoszlapi, oligocén márgával és eocén mészkővel fedett bauxittelep felett történt. Az első vezetőképességanómália-térképet *Simon András* számolta, és a módszer a várakozásnak megfelelő képet adott: az anomália szépen egyezett a bauxittöbrökkel. A PM módszer itt csak alig észrevehető anomáliát mutatott.

A sikeres FFG-mérések után hamarosan, 1974-től sor került olyan fúróluk-elektrodás térképezésekre is, amelyeknél mindkét tápelektroda fúrásba, az árnyékoló réteg alá került, vagyis a medencealjzat feletti összletet „belülről gerjesztették”. Ez volt a belső gerjesztéses felszíni gradienstérképezés (BFG). A mérés és a feldolgozás az FFG-vel analóg módon történt.

A 70-es évek közepére mélységszámítási eljárást dolgoztak ki a fúróluk-elektrodás módszerekre, ami lehetővé tette a fúrási adatokhoz illesztett medencealjzat-térképek készítését. A Dunántúli Ásványkutató Osztály vesziprémi csoportjánál akkor már rutinszerűen működő HP 9845 számítógépre az egyenáramú térképező módszerek (FFG, BFG, PM) egy általános feldolgozó, mélységszámító és térképrajzoló programrendszerét fejlesztette ki *Simon András*, *Bognár Béla* és *Bojár Gábor*. Ezzel még a mérés napján a fúrások telepítésére felhasználható paramétertérképeket, másnap – kellő számú fúrási mélységadat ismeretében – mélységtérképeket lehetett rajzolni. Ez lehetővé tette, hogy a bauxitkutatás általában feszített tempójú fúrási tevékenységéhez az ELGI kellő időben adatokat tudott szolgáltatni.

Az FFG–BFG teljes módszerfejlesztését 1976-ban kandidátusi értekezésében *Simon András* foglalta össze, kiegészítve az akkorra már kidolgozott 2D egyenáramú matematikai modellezés (*Prácsér Ernő*) eredményeivel.

Ezeknek az eljárásoknak a terepi technikája nem különbözött a potenciáltérképezésétől. Két különleges feladat volt. Az FFG/BFG-mérések során a potenciálgradiens komponenseit előjelhelyesen kellett mérni. Ehhez a GF típusú bázisműszerekbe olyan kapcsolóáramkört szereltek, amely az egyik irányba nagyobb, a másik irányba kisebb hosszúságú impulzusokat adott ki,

és így a  $\Delta V$  jel előjelét meg lehetett határozni. A másik állandó nehézség a fúróluk-elektrodák telepítése volt. A szénkutatásban (eocén program) a fúrásokat a lemélyítés után azonnal cementálták. FFG-, BFG-mérés céljára ezekbe olyan fúrólukbeli áramelektrodát fejlesztettek ki, amelynek a lyuk falába berobbantható eleme van, így cementálás után is árambevezető elektródául szolgálhat.

Bár egészen más célokra fejlesztették orosz kutatók, és két fúrás kellett hozzá, de viszonylag kevés ilyen mérés történt, ezért szerepel itt. A geoelektromos réteggövetés két, egymástól nem túl távol lévő fúrásba helyezett elektródákkal végzett mérést jelent, amelynek segítségével eldönthető, a két fúrás között a szénréteg folytonos, vagy valamilyen ok miatt megszakad. *Király Ernő* vezetésével folytak eredményes kísérletek.

#### 8.3.3.3. VLF (very low frequency) ellenállás-térképezés

Bár 1972-ben már potenciáltérképezést alkalmaztak a felszínközeli földtani szerkezetek (például a bauxittöbrök) kutatására, tovább kerestek egy még olcsóbb, még egyszerűbb módszert. A rádióhullámos ellenállásmérést tanították (*Takács Ernő*), de a hosszúhullámú műsorszóró adók frekvenciája nem tett lehetővé kelő (>10 m) behatolási mélységet.

1972 őszén a Karlovy Vary-i szimpóziumon *Peter Fenning* mutatta be a Geonics (Toronto) EM-16R jelű műszerét, amely VLF (very low frequency) sávú, igen alacsony (15–25 kHz) frekvenciákat alkalmazott, és amelyről az erre a frekvenciára számolt látszólagosellenállás-értéket lehetett leolvasni. A módszert megérteni, a műszert megkívánni egy pillanat műve volt. 1973-ban a British Council ösztöndíjával Lutonban *Kakas Kristóf* betanulta a műszer kezelését, és 1974 kora tavaszán megérkezett a bauxitkutatás első, nyugatról vásárolt műszere. A kísérleti mérések után *Tóth Csaba* alkalmazta először az eljárást a felszíni földtani térképezés támogatására a Tapolcai-medencében, de az áttörést az alkalmazásban 1974 októberében az iharkúti mérések hozták. A módszer és a műszer kiválóan alkalmas volt a kis mélységű ellenállás-térképezésre, azaz legfőképpen a felszínközeli bauxittestek indirekt detektálására. Visszapillantva az elmúlt 30 évre, összefoglalásképpen leírhatjuk:

Műsorszóró vagy más (tőlünk független) rádióadók terének használata gazdasági és logisztikai előny; de csak a VLF hullámok behatolási mélysége elég nagy a földtani kutatásokhoz. A VLF sávot leginkább a nukleáris tengeralattjárók-

kal való kommunikációra használták a nagyhatalmak; a hidegháború korszakában mindig volt elég adó a munkákhoz.

Mivel a távoli rádióadók tere a magnetotellurikus egyenletekkel leírható, a VLF-mérések kiértékelésénél elméleti probléma nem volt. Kiértékelő nomogramokat szerkesztettek kétréteges modellekre (*Kakas Kristóf, Bodri Gyula*), majd a számítógépes feldolgozás (*Dövényi Péter* révén) az értelmezést elősegítő mélységtérképeket tudott szerkeszteni (mivel a műszer egy frekvencián két adatot mért, többreteges kiértékelésnek nem is volt meg a lehetősége). Tisztázták az adóirány hatását az ellenállástérképekre (és az ebből eredő hibákat két egymásra közel merőleges adó használatával csökkentették), és bevezették az invariáns VLF térképezést a nagy pontosságú mérésekhez (*Farkas István*).

#### 8.3.3.4. Turam-térképezés

Bár az 50-es években az ELGI már végzett Turam-méréseket érc kutatási céllal, egy svéd berendezéssel, az „árnyékolós” (azaz eocén mészkővel fedett) bauxittároló szerkezetek kutatására 1977-től végeztek kísérleteket a Scintrex Ltd. SE-77 típusú Turam műszerével. A *Kardeván Péter* által vezetett fejlesztés célkitűzése olyan korrekciós/normáló eljárás kidolgozása volt, amellyel a bauxittároló szerkezetek (vagy kis aljzatmélység változások) hatása kiemelhető a jól vezető fedőréteg által okozott térerősség-csökkenésből (a klasszikus érc kutatási modelleknél ehhez elegendő a „szabadlevegő-korrekció”). Növelni tudták a mérési pontosságot, és a több frekvencián végzett mérések a felszínközeli és a mélységi hatások elválasztását is lehetővé tették. A kísérleti mérések során Bakonyoszlopon, az obrováci (Dalmácia) bauxit-előfordulásokon (és később kubai ércesedési modelleken) sikerült az eljárás (és a feldolgozás) gyakorlati hasznosságát bizonyítani. Ennek ellenére a berendezést nem alkalmazták széleskörűen, mert a Maxi-Probe szondázás és a tranziens térképezés (elsősorban számítógépes adatrögzítésüknek köszönhetően) kiszorította a gyakorlatból.

#### 8.3.3.5. Elektromágneses frekvenciaszondázások

A 60-as évek végétől nyilvánvalóvá vált, hogy a vertikális elektromos szondázások (akár Schlumberger-, akár dipól elrendezésben) nem elegendőek a kutatási feladatok megoldásához. Néhol a közbenső nagy ellenállású, vulkanikus eredetű réteg alatti réteg kutathatósága (az Alföldön), máshol jobb felbontó-

képesség (a bauxit- és szénkutatásban), és mindenütt a nagyobb termelékenység volt kívánatos. Az elektronizáció és a számítógépes feldolgozás reménye tette reálissá a frekvenciatartománybeli, majd később az időtartománybeli szondázások bevezetését. Míg a módszertani kutatásokat az ELGI nagyrészt saját munkatársaival végeztette, az új módszerek műszerhátterének megteremtése két úton történt. A műszerfejlesztő laboratóriumok jelentős költségvetési támogatással megpróbálták új elektromágneses műszereket kifejleszteni az érckutatás és a nagy mélységű térképezés céljára, a bauxit- és szénkutatás jelentős igényeit viszont (kínosan megszerzett OMFB pályázati forrásokból) egyedi műszervásárlásokkal igyekeztek megoldani. Az előző út gazdaságosabb volt, főleg ha a létrehozott műszerből jó néhány példányt sikerül eladni, az utóbbi eredményesebb. De volt egy súlyos korlát is. Műszert csak nyugatról, elsősorban az Egyesült Államokból és Kanadából volt érdemes vásárolni, de az ehhez szükséges keményvaluta nagyon szűkös volt. Sajnálatos módon a két megközelítés nem erősítette egymást, pedig a józan ész ezt a szinergikus megközelítést kívánta volna.

#### **8.3.3.6. A Maxi-Probe szondázások**

1979-ben az ELGI (viharos előzmények után, nagy erőfeszítéssel) megvásárolta a torontói Geoprobe Ltd.-től a Maxi-Probe EMR-16 típusú terepi műszert, a hozzá tartozó feldolgozó számítógépet és magát az átmeneti zónában mért szondázási görbéket feldolgozó Ghosh-féle eljárást. A módszer elméleti előkészítése példamutatóan történt, a szokatlan és nagy értékű beruházás sikere *Szabadváry László* érdeme volt. Az elméleti előkészítést, majd később a feldolgozás továbbfejlesztését (többek között a topografikus korrekciós eljárás kidolgozását) a *Kardeván Péter* által vezetett fejlesztőcsoport végezte. Igen magas technikai színvonalú, a terepi felvételezésnél új utakat mutató berendezést kaptak és állítottak üzembe. A Maxi-Probe rendszerű szondázások különlegességét az adta, hogy ugyan a mért térjellemzőkből ellenállás–mélység görbét számítottak, de a réteghatárokat nem görbeinverzióval, hanem a szondázási görbe töréspontjaiból adták meg. Ez a más módszereknél is alkalmazott „cikk-cakk görbés” módszer igen gyors és meggyőző terepi kiértékelést tett lehetővé (az akkori számítógépes háttérrel más terepi feldolgozás nem is volt lehetséges), viszont a licenctulajdonos (Mrinal K. Ghosh) nem engedélyezte, hogy ennek a műszernek az eredményeit más, általunk elméletileg megalapozott eljárással értékeljük ki, így a megbízha-

tó kiértékelés külső (pl. fúrásból származó) földtani adat nélkül csak ritkán volt lehetséges.

A Maxi-Probe szondázások alkalmazása a szén-, a bauxit- és a vízkutatás területén igen sikeres volt a cikk-cakk kiértékelés nagy vertikális felbontóképességének és az „átmeneti zónás” gerjesztés inhomogenitásérzetlenségének köszönhetően. Az eljárás bevezetése egy másik területen is példát mutatott: mind hazai, mind nemzetközi téren a módszert és eredményeit átgondolt marketing népszerűsítette. Emlékezetes volt a „varázsgömb” bemutatkozása a cannes-i tengerparton az EAGE XX. Kongresszusán, és egy sor országban tartottak sikeres bemutatómérést vagy kísérleti kutatást a Maxi-Probe csoportok.

### 8.3.3.7. Tranziens mérések

A Maxi-Probe rendszerű (frekvenciatartománybeli) elektromágneses szondázások mellett továbbra is szükség volt olyan, nagy horizontális és vertikális felbontóképességű szondázásokra, amelyekkel gazdaságosan, azaz viszonylag kis költséggel, kis élőmunka felhasználással nagy területeket lehet felmérni. Mivel ekkor már ismerték, hogy a világ geoelektromos fejlesztő műhelyei mivel foglalkoznak, a tranziens (időtartománybeli) mérések meghonosításába fogtak. Szén- és bauxitkutató mérések addigi sikerei lehetővé tették az OMFB támogatásának megszerzését, így 1981-től elméleti modellezéssel (*Prácser Ernő*), kísérleti mérésekkel (kanadai, angol, ausztrál, szibériai, amerikai műszerekkel) és két nemzetközi projekt (USGS Denver, *Frank Frischknecht* vezetésével és SzNIGGIMSZ Novoszibirszk, *V. Iszajev* vezetésével) keretében végzett előkészítéssel választották ki a Geonics (Toronto) EM-37/3 típusú berendezését. Az 1985 februárjában üzembe állított műszer (paramétereit, terepállóságát és teljesítményét tekintve is) megfelelt az elvárásoknak és a reményeknek. A terepi technika színvonalát akkor már az ismert nyugati normákhoz mérték, és azt is kívánták fenntartani.

A műszerrel vásároltak egy terepi használatra is alkalmas mikroszámítógépet (HP 85B-t, az ELGI első, táskába szerelt számítógépét), és azt az adatgyűjtő–korrigáló–feldolgozó programcsomagot, amelyet a Geonics érckutató célra fejlesztett ki. Bauxit- és szénkutatásra azonban az egyedi szondázási görbék kiértékelése szükséges, rétegzett féltér feletti modellezéssel. A baj az volt, hogy a görbeseregés kiértékelést el kellett vetni mint bonyolultat és nehezen gépesíthetőt, az automatikus inverziós eljárások pedig nem voltak elég gyorsak az akkori számítógépeken. 1985-ben sikerült egy olyan inverziót (a TRH inverziót)

találni, amely a látszólagosellenállás–idő függvényből (a tranziens szondázási görbéből) ellenállás–mélység görbét lehet előállítani (*Kakas Kristóf*). Bebizonyították, hogy egyszerű modellekre az ellenállás–mélység görbe érintőinek metszéspontjai jó közelítéssel kijelölik a réteghatárokat. Evvel a transzformációval gyors és az azonnali (földtani) értelmezést lehetővé tevő kiértékelést lehetett végezni. Elterjesztését, publikálását azért akadályozták meg, mert ugyanolyan cikk-cakk görbés kiértékelés volt, mint a szupertitkos és kínosan védett (és matematikai modellezéssel soha alá nem támasztott) Ghosh-féle Maxi-Probe eljárás.

A tranziens bauxitkutatásban nagy jelentőséget tulajdonítottak az áramkanalizáció jelenségének. A gondolat lényege az volt, hogy a gyengén vezető közegbe (karbonátos anyagövet) ágyazott jól vezető test (bauxitlencse) a környezetéből additív áramokat gyűjt magába, és így némileg javul a kimutathatóság. Ennek vizsgálatára fizikai modellkísérleteket végeztek, amelyekhez a terepi mérőberendezést, és miniatűr adó–vevő kereteket használtak.

Közben folyt a látszólagos fajlagos ellenállásra épülő feldolgozási technika fejlesztése. Elkészült egy program, amely a vertikális és horizontális mágneses tér egyidejű használatával általánosított fajlagos ellenállás definícióját használta, és Turam-mérésekre is használható eredményeket adott. Ehhez kapcsolódott a direkt inverziós eljárás kidolgozása, amely az áramtér diffúziójának sebességváltozásából valósághűbb ellenállásgörbét adott, bár elég zajérzékeny volt.

A Geonics által rendelkezésre bocsátott, főleg szelvényezéshez használható program nem felelt meg az elvárásoknak. Az EM-37/3 terepi adatgyűjtőjéből a szondázási/térképezési adatokat ezért saját fejlesztésű programcsomaggal dolgozták fel, az akkori számítógépes és terepi technikához képest igen magas színvonalon. A feldolgozás a TRH inverziót használta, a kirajzolt szelvények azonnal alkalmasak voltak földtani értelmezésre. Lehetőség volt egy adott mélységhez tartozó ellenállástérkép szerkesztésére is.

Az első komplett adatfeldolgozó és megjelenítő BASIC nyelvű programrendszer tervezése és elkészítése *Balog György* nevéhez fűződik. A következő generációs, már PC-n futó rendszer Pascal nyelven készült, és *Sörös László* nevéhez kapcsolódik. Az addig csak nagygépeken futó 1D inverzió is belekerült, mindez *Prácser Ernő*nek köszönhető. Az 1D inverzió használata a feldolgozási gyakorlat része lett. Kezdetben csak minden TRH-szelvényből néhány kritikus pontra készült inverzió, kontrollt biztosítva. Néhány éven belül azonban átálltak az 1D inverzió általános használatára.



A bauxitkutatás megszűnésével és a mérési tevékenység beszükülésével párhuzamosan jelentkezett az igény a környezetvédelmi problémák megoldásában használható, sekély kutatásra alkalmas módszerek iránt. 1991-ben az OMFB támogatásával került sor a tranziens mérőrendszer kibővítésére és a TEM-47 gyors tranziens adó beszerzésére. Ezzel a beruházással lehetővé vált a felső 50 m-es térrész tranziens módszerrel történő kutatása. Mindez a kis adóméretek használatával (10×10, 50×50 m) és a kézben hordozható berendezéssel gazdaságosnak is bizonyult. A módszer (előnyei révén) a sekély kutatásban is fokozatosan megszüntette a VESz szondázások dominanciáját. A 90-es évek közepétől a tranziens mérések száma főleg a beinduló környezetvédelmi projektek hatására ismét növekedni kezdett. A világban számos helyen, itthon is használják a tranziens szondázásokat a magnetotellurikus szondázások „static shift” korrekciójára.

Az ennek ellenére kicsinek mondható mérési aktivitás a figyelmet a meglévő adatok újrahasznosításának lehetőségei felé fordította. A számítástechnika szédítő fejlődése megteremtette az átfogó térinformatikai rendszerek és a geofizikai adatbázisok kiépítésének lehetőségét. A műszerek kényszerpihenője időt hagyott a rendszerépítésre és az intenzív programfejlesztésre. Szakítva az évtizedes hagyományokkal a tranziens feldolgozó rendszert teljesen új alapokra helyezték, és *Sörös László* kialakította a GAIA programrendszert. Ezzel lerakta az Országos Geoelektromos Adatbázis alapjait, a tranziens és VESz-mérések feldolgozását, tárolását, és megjelenítését egységes rendszerbe foglalta.

#### 8.3.3.8. Légi geofizikai mérések

Bár elméletét tekintve nincs különbség a földi és légi mérések között, a kivitelezés sajátosságait és a mért adatok mennyiségét tekintve mégis szükséges speciális feldolgozási és értelmezési eljárásokat kidolgozni a légi mérések számára. Az egyik sajátosság az, hogy a légi geofizikai mérés szinte minden esetben mágneses, radiometriai és elektromágneses módszerek együttes alkalmazását jelenti, így a komplex értelmezés lehetősége adott és egyben szinte kötelező is.

A magyarországi légi geofizikai mérések kezdete 1956-ra nyúlik vissza, bár az első felmérés anyaga nem maradt meg az utókornak. A 60-as évek felmérései már analóg regisztrátumokból készített papírtérképek formájában megvannak, ezek digitalizálása külső segítséggel megtörtént (légi mágneses), illetve folyamatban van ma is (radiometriai térképek). A légi geofizikai mérések történetét a 4. fejezet 7. pontja tárgyalja.

Az ELGI történetében a legújabb légi geofizikai mérések 1987-ben kezdődtek az Osztrák Geológiai Szolgálat helikopteres berendezése segítségével. A mérések fő jellegzetessége, hogy frekvenciatartománybeli légi elektromágneses mérések történtek, és az adatok rögzítése a korábbiakkal ellentétben nem analóg – tollas regisztrálóval – történt, hanem digitálisan, ún. „travel disc”-re, ami lehetővé tette, hogy az eredeti mérési anyagot digitálisan megőrizzük. További eltérés a korábbi felmérésektől a rádióhullámú (Microfix, Doppler), majd később a GPS-navigáció a repülés közben, ami részletes kutatások helyszíneléséhez feltétlenül szükséges volt.

A feldolgozást eleinte a mérést kivitelezők végezték el. A felmérés rengeteg digitális adatot szolgáltatott, amire az ELGI 1987-ben még nem volt felkészülve, az első mérési adatok az archívumban emiatt csak hiányosan vannak meg. A térképek és a feldolgozásuk kezdetben HP-9845 géppel születtek meg, a komplex értelmezéshez igénybe vettük a FÖMI számítógépeit és képfeldolgozási kapacitását.

A nagy mennyiségű adat kezelésének megoldása volt az elsődleges feladat, a fejlesztés ebben az irányban indult el. Saját fejlesztésű adatbázis-kezelő program készült nagygépes OS rendszerre (IBM-4315), amely folyamatosan átkerült PC-s XENIX, illetve SUN UNIX operációs rendszerre.

Nyilvánvaló volt, hogy a nagy mennyiségű adat együttes, gyors feldolgozása csak a képfeldolgozási eljárások és a geofizikai módszertani feldolgozások együttesétől várható. A FÖMI együttműködés hatásaként sikerült először egy PC-n, DOS alatt futó ILWIS térinformatikai programot beszerezni, amelyet később követett a SUN ERDAS képfeldolgozó rendszer és az Arc/Info (ArcView) programrendszer. Ezekkel a programokkal az archiválás, adatkezelés és -megjelenítés problémája megoldódott, és lehetővé vált úrfelvételek földtani feldolgozása is. A sors fintora, hogy mire az arzenál összeállt, megszűntek a költségvetési földtani kutatások, tőkeerős külső megrendelő pedig nem volt légi geofizikai mérésre.

A különböző paramétertérképek együttes megjelenítésekor, a földtani értelmezéskor és a lineamenskijelölések során folyamatosan igénybe vettünk képfeldolgozási eszközöket: pl. a színterkép készítését (elsősorban a radiometriai csatornák megjelenítése során), a főkomponens-analízist (többfrekvenciás EM-mérések megjelenítése), az automatikus és tanítós osztályozásokat (képződménylehatárolások a Halimba és Eger kutatási területen), az élkijelölő és élkitűző szűrőket (űrlíneamensek és gravitációs lineamensek kijelölése), vagy a

texturális szűrőket stb. Nehéz lenne mindent felsorolni az alkalmazott képfeldolgozási eljárások közül.

Az elektromágneses módszerfejlesztés az ELGI meglévő műszereihez, módszereihez kapcsolódva már korábban is folyt (EM-31, VLF, Turam, tranziens és Maxi-Probe), így az elméleti alapok részben rendelkezésre álltak, a fejlesztés további lépései elsősorban *Prácser Ernő* munkájához kapcsolódtak. Elkészült a különböző frekvenciákra, különböző magasságokra és tekercshelyzetekkel számoló program, amely a mért képzetes és valós elektromágneses komponensek alapján a látszólagos fajlagos ellenállás és látszólagos mélység meghatározását végezte homogén féltér és jól vezető lemezmodell esetén. A többfrekvenciás mérések további lehetőséget jelentettek az ún. Sengpiel-féle szondázásszerű feldolgozásra, de új adatok és légi mérések hiányában ez a fejlesztés megszűnt.

A mágneses feldolgozás HP-9845 számítógépen futó 2D modellezésből állt a kezdet kezdetén. Semmilyen más digitális adatfeldolgozási módszer nem állt rendelkezésre rutinszerűen. Első lépésben megvettük a PC-DOS alatt futó MAGIXXL programot, amellyel elég sok problémánk volt, de a gyors 2D modellezésre azért használható volt. A térképi feldolgozások céljából a szakirodalom után hamar rátaláltunk az Egyesült Államok Geológiai Szolgálatának szakértőire (elsősorban *Bruce D. Smith*), majd rajtuk keresztül a néhány szabad feldolgozó-programra. A módszerfejlesztésnek köszönhetően hamarosan a feldolgozás részévé váltak a következő eljárások:

- mágneses komponensek átszámítása ( $\Delta Z$ -ből  $\Delta T$ ,  $\Delta Z$ -ből  $\Delta H$  és viszont),
- mágneses tér  $\vec{E}$ -i pólusra redukálása,
- analitikus le- és felfelé folytatások,
- pszeudogravitációs transzformáció,
- mágneses térgradiens-számítás,
- frekvenciaszűrések és spektrális mélységmeghatározás,
- hatóperem-kijelölés (horizontális gradiensmódszer),
- szelvény menti feldolgozások (Euler-, Werner-, Naudy-eljárás).

2004-ben megvásároltuk a GMSYS szelvény menti modellező és a GEO-SOFT térképszerkesztő és feldolgozó programrendszerét, amely tovább szélesítette a rendelkezésre álló eszközparkot.

Az előbbieken ismertetett rendkívül szerteágazó feldolgozó, értelmező és módszerfejlesztő tevékenység zöme *Bodrogi Marilla*, *Gulyás Ágnes*, *Kiss János* és *Vértesy László* nevéhez fűződik.

### 8.3.4. Nagy mélységű kutatások fejlesztése

A nagy mélységű kutatásokon elsősorban a Kárpát-medence pretercier aljzatának kutatását értik, amely medenceterületeinken az 500 m-től a 8–10 km-es mélységekig terjedő tartományt jelenti. A vezető fedőösszlet-szigetelő aljzatmodell közismerten kedvező a geoelektromos módszerek alkalmazásához, ezért a kőolajkutatás igényelte ezek alkalmazását. Később a Földtani Alapszelvények programban, valamint különböző OTKA témákban kéreg- és felsőköpeny-kutatásokban is szerephez jutott.

Az aljzatkutató programok megvalósítására az 50-es évek második felétől a tellurikus mérések voltak alkalmasak, de elsősorban az üledékes összlet laterális változásának korrekcióba vétele miatt a 60-as évektől a nagy mélységű egyenáramú szondázások műszereit, módszereit kellett fejleszteni. Ez utóbbit később, a 70-es években megkezdett digitális fejlesztések után a magnetotellurika váltotta fel. Ezeken kívül kevésbé sikeres fejlesztések is folytak a 70-es évek elején a nagy mélységű tranziens (EMT) műszer építésére és a módszer bevezetésére a nyírségi vulkáni összleteket (elektromos árnyékolókat) tartalmazó rétegsor felbontására. Ezeket a kísérleteket a *Verő László* vezette mélyszondázó csoport végezte. Érdekes megemlíteni, hogy ez a módszer LOTEM (long offset transient EM) néven csak a 80-as években terjedt el, természetesen sokkal korszerűbb műszerekkel.

#### 8.3.4.1. Tellurika (TE)

1964-re a tellurikus módszer a mintegy 10 éven át folyó fejlesztések (műszerépítések és -vásárlások, feldolgozási módszerek kiválasztása, fejlesztése) után elért egy olyan szintet, amelyen a 80-as évekig jelentős változás nem történt. Az évi 1000–1500 állomáspontra lemerése részben a GMG-től vásárolt T-14 és T-9 típusú műszerekkel, részben az ELGI-ben épített T-9A és T-9B típusú (összesen 9) műszerrel történt.

Tucatnyi eljárás tanulmányozása után a feldolgozás a Kunetz-féle totális ellipszis módszernél kötött ki, amelyhez a Takács-féle mechanikus integrátorokat és ELGI-ben készült nomogramokat használták. Ez az eljárás nemcsak termelékeny volt, hanem – hála a gyakorlott technikusai gárdának is – megbízható, reprodukálható is. Az Alföld mintegy 30 000 km<sup>2</sup>-nyi területének térképezése gyakor-

latilag ezzel a technikával történt, legfeljebb annyi változás történt a 70-es évek közepén, hogy az akkor megjelent kis HP kalkulátorokkal számolták a totális értékeket a logarlécek, nomogramok használata helyett.

Jelentős változást a 70-es évek végére az ELGI laborban kifejlesztett TEM-80 jelű digitális műszer jelentette, amelyet *Nemesi László* elvi irányítása mellett *Bor-sányi András* villamosmérnök épített meg. Analóg egységeit *Galambos Sándor* tervezte és *Süslecz Zoltán* építette. A műszer és a feldolgozás programozása *Csörgei József* munkája volt. Ez a kétcsatornás műszer a hagyományos műszereknél egy nagyságrenddel érzékenyebb volt ( $0,5 \mu\text{V/bit}$ ). A bázis és a mozgóállomások műszerei beépített digitális órájuk segítségével (rádiók pontos időjelzésére indítva) szinkron üzemmódban regisztrálták a  $10 \text{ s} < T < 100 \text{ s}$  periódustartományt, és a műszerekbe épített PTA-4000 típusú kalkulátorok a mérésekkel azonos időben, 5 perces időintervallumokra számolták a négy totális értéket, ami az időszakos abszolút ellipszisek számításához szükséges. A műszerrel a mérés, a sávszűrők és a nagyobb érzékenység miatt nemcsak termelékenyebb lett, hanem a sokkal hosszabb regisztrátumfeldolgozási lehetősége miatt a kiértékelés hibája is mintegy ötödére, átlagosan  $\pm 2\%$ -ra csökkent. A digitális műszerhez analóg regisztrálót is illesztettek, hogy a kiértékelő eldönthesse a bázis és mozgó regisztrátumok vizuális összehasonlításából, melyek azok az 5 perces, hibátlan mérési szakaszok, amelyek feldolgozását engedélyezi. Az egész komplexumot egy  $500 \times 600 \times 800 \text{ mm}$  méretű szekrényben helyezték el, amelyben a nyári melegek idején ventilátorok biztosították a hűtést, hidegben pedig fűtőberendezéssel érték el a működéshez szükséges optimális hőmérsékletet.

A TEM-80 alkalmazása a feldolgozásban is hozott nem várt, új eredményt, amelyet az ún. időszakos abszolút ellipszisek számításával értek el. Ez a totális értékekből számítható, de számítógépek nélkül rutinszerűen nem lehetett alkalmazni. Az időszakos abszolút ellipszisekről elméletileg azt lehetett tudni, hogy azok iránya, excentricitása függ a földtani szerkezetektől, de a primer tér polarizációjától is. *Csörgei József* jött rá arra, hogy 25–30 percnyi regisztrátumokból ezeknek az ellipsziseknek az irányítottsága, excentricitása meglehetősen stabil. Például a tengelyirányok  $\pm 10^\circ$ -on belül változnak csak. Ezt a megfigyelést a hónapokig egy helyben mérő bázisregisztrátumok statisztikai feldolgozásával bizonyítani is lehetett. Ezt követően az izoareatérképeken a bázisra normált területű anizotrópiaellipsziseket is ábrázolták, ami főleg a kis és közepes aljzatmélységű területeken rendkívül szemléletessé tette a szerkezeti viszonyokat. A Cserhát és Mátra közötti Zagyva-árokban az ellipszisek iránya és nagysága is jól érzékelteti

az aszimmetrikus árkot, amelyet É-on, Pásztó és Szurdokpuszpöki között egy K-Ny-i árok (a Rába–Hurbanovó–Diósjenő diszlokációs öv) határol le. Ettől É-ra paleozoós kristályos, D-re mezozoós karbonátos képződmények jelentik a pretercier aljzatot. A tellurikus méréseket évtizedeken át, míg ilyen mérések egyáltalán folyhattak, *Hobot József* és *Nemesi László* vezette.

#### 8.3.4.2. Egyenáramú mélyszondázások

Az aljzat geoelektromos térképezésére az 50-es évek második felétől a tellurikus mérések voltak alkalmasak, de a tellurikus térkép mélységtranszformációjához vertikális szondázások is szükségesek (mivel akkor még nem volt magnetotellurikus szondázás). Nagy behatolóképeségű szondázásokhoz nagy energiát alkalmazó műszerek kellettek. A GE-20 típus (anódtelopes tápegysége és a galvanométer limitált érzékenysége miatt) 300 m-nél mélyebb medencék kutatására nem volt alkalmas. Az is nyilvánvaló volt, hogy AMNB (Schlumberger-) elrendezéssel nem célszerű mérni, mert a 2–8 km aljzatmélység eléréséhez 20–50 km hosszúságú AB kábelre lenne szükség, és ez a hazai körülmények között megvalósíthatatlan (néhány 10 km-nél is nagyobb, maximális AB távolságú szondázás azért történt ott, ahol a kutatási mélység és a földtani felépítés ezt szükségessé tette). A megoldást a dipól–dipól elrendezés jelentette: a DE (dipól ekvatoriális) szondázásoknál a behatolási mélységet a tápdipól ( $AB = 2\text{--}4\text{ km}$ ) és a vevő dipól ( $MN = 100\text{--}100\text{ m}$ ) távolsága ( $R = 3\text{--}30\text{ km}$ ) határozza meg.

A DE szondázások bázisműszeréül 1962-ben épült a GE-30 berendezés (a  $\Delta V$  mérésére mindig is tellurikus fotóregisztrálót, a jól bevált T-14 műszert használták). Evvel lehetővé vált a somogyi és a csereháti terület szondázása (1962–1964), de a 12 A kapacitás az Alföldre már nem volt elegendő.

A nagy mélységű, egyenáramú (dipól ekvatoriális, DE) szondázásoknak elsősorban műszertechnikai problémákkal kellett megküzdeni. Az 1964-ben rendelkezésre álló GE-30 tápdipól műszer a 4,5 kW-os, Csonka-motoros generátorral kevésnek bizonyult az Alföld mély medencéinek kutatására már Szolnok környékén is. Ezért nagyobb teljesítményű áramforrás után kellett nézni, és új kapcsoló- és árammérő műszert kellett tervezni. Így született meg *Király Ernő* és *Verő László* tervei alapján (és jórészt saját kivitelezésükkel) az új, GE-40 típusú mélyszondázó berendezés. A fő célkitűzés az 5000 m-es hatómélység (az  $R = 20\text{ km}$ -es adó–vevő távolság) elérése volt.

A korábbi műszereknél gondot okozó átvezetési áramok kiküszöbölésére az áramerősséget közvetlen leolvasású, különleges kivitelű ampermérővel mérték (a Műszeripari Kutató Intézet fejlesztése), és így elmaradt az áramregisztrátumok kiolvasása is. A tápoldali teljesítményt GAZ-69 típusú gépkocsiba épített 16,5 kW teljesítményű, egyenáramú generátor biztosította. A kapcsolómű egyik lényeges új megoldása a tápáram pólusfordításos kapcsolásának biztosítása volt ívkioltásos mágneskapcsolókkal. Ezzel egyrészt az adóteljesítményt duplázták meg (látszólagos 60 A-re), másrészt megtakarítható volt a műföld is, amely a GE-30 műszerben még nagy teljesítményű villanykályhaként működött, mert amikor a tápelektrodákról lekapcsolták a jelet, a generátorok nemkívánatos felpörgése óriási feszültségugrással és egyéb problémákkal járt volna.

Az MN elektrodákon a tápdipól által létrehozott 20–60 s periódusú négyszögimpulzusokat T-14 típusú tellurikus fotóregisztrálókkal mérték a  $\Delta V$  érték meghatározására. A szondázási görbék fajlagosellenállás-értékeit a  $\rho = K \cdot \Delta V / I$  képlettel számolták, ahol  $\Delta V$  a mért potenciálkülönbség,  $I$  az adóban folyó áram erőssége,  $K$  pedig a geometriai tényező.

A GE-40 berendezés használata az Alföldön a szondázási anyag minőségi javulásához vezetett. A DE szondázások egyik kimagasló eredménye a Makói-árok 7000 m-es mélységének meghatározása volt, amely akkor (1967-ben) a szakma nagy megrökönyödését, hitetlenkedését váltotta ki. Ezt a mélységet addig semmilyen módszerrel és egyetlen intézményben sem tudták kimérni, de a tellurikus és DE mérések kombinációjából készült mélységtérképet ma már részben a fúrások is igazolják, például a Makó-1 fúrás 5800 m mélységig jutott, és még neogén összletben állt le.

A hasonló mélységű Békési-medencében az üledék átlagos fajlagos ellenállása csak mintegy feleakkora (10  $\Omega$ m körüli), mint a Makói-árokban. Ezért a GE-40 és 16 kW-os generátora ott nem bizonyult elégnek. Itt az OKGT 40 kW-os generátorával 32 km-es adó–vevő távolságú DE szondázásokat mértek, de az összegzett vezetőképesség értékét még így is az akkor lábadozó, de ezt a paramétert már megbízhatóan mérő magnetotellurikus módszerrel kellett ellenőrizni. Ez a technika a 70-es évek második feléig, a magnetotellurika megfelelő digitális műszerezettségének és rutinszerű számítógépes feldolgozásának térhódításáig működött.

Az egyenáramú mélyszondázások feldolgozása, a szondázási görbe létrehozásától kezdve, a VESz módszernél használt (Schlumberger-) görbesereges kiértékeléssel történt (akkor még nem volt számítógépes görbeszámítás), az ott

szokásos ekvivalencia, anizotrópia, vonatkozási pont kérdések mérlegelésével. A feldolgozásban talán két speciális problémát érdemes megemlíteni az Alföldön. A regisztrált potenciálkülönbség nagyobb dipóltávolságok esetén már nem négyszögimpulzus volt, az elektromos tér kiépülése több másodpercig tartott. A tellurikus változások mellett ez is nehezítette a  $\Delta V$  meghatározását. A második értelmezési probléma, az ún. „A” típusú felépítés. Ez azzal a ma már több geofizikai módszerrel (mélyfúrás-geofizikával, gravitációval is) kimutatott jelenséggel magyarázható, hogy 2-3 km mélységben a változatlan kőzettani összetételű pannon körü képződmények a tömörödés, víztartalom-csökkenés miatt ugrásszerű változáson mentek át (megnö a sűrűség, a fajlagos ellenállás stb.). A 2–5  $\Omega\text{m}$ -es pannon összlet fajlagos ellenállása 10  $\Omega\text{m}$  körülire nő, amelynek már csak 5–10-szerese az aljzatellenállása. Ez a jelenség a 3–5 km-es aljzatmélységeknél az ellenállásgörbéken nehezen vehető észre. Ha a feldolgozó ebben a mélységtartományban nem alkalmaz egy kényszerfeltételt (a 10  $\Omega\text{m}$ -es alsó pannon réteg feltételezését is), jelentős mélységhibát követhet el. A mintegy egy évtizeden át, főként az Alföldön folyó mélyszondázások vezetője *Király Ernő* és *Verő László* volt.

#### 8.3.4.3. Magnetotellurika (MT)

Az ELGI-ben az első magnetotellurikus mérési kísérletek 1966-ban történtek *Simon András* vezetésével. A mágneses komponensek méréséhez Sopronban, a GGGI-ban készült variométereket használták, majd T-9 típusú, 4 csatornás tellurikus fotóregisztrálókkal hajtották végre a mérést, lényegében az  $5\text{ s} < T < 500\text{ s}$  periódustartományban. Ez a technika nehézkes, hosszadalmas, analóg feldolgozással lényegében csak az összegzett vezetőképesség meghatározására, a szondázási görbe felmenő ágának nagy hibákkal terhelt meghatározására volt alkalmas, de főként a Nyírségben, Hajdúságban (1968–76 között) értékes eredményeket szolgáltatott a miocén vulkanitokat is tartalmazó rétegsorban, ahol az egyenáramú szondázások elvileg is alkalmatlanok a nagy ellenállású vulkáni képződmények alatti rétegek kimutatására, míg a magnetotellurikának ezek nem jelentenek akadályt.

Ahhoz, hogy az MT méréseket alkalmassá tegyék a medencealjzat mélységének, illetve a medenceüledékek ellenállás-eloszlásának kutatására, a rendelkezésükre álló magnetotellurikus méréstechnikát két irányban kellett továbbfejleszteni:



- Ki kellett terjeszteni a mérések frekvencia tartományát a nagyobb frekvenciák felé, hogy információt kapjanak a felszínközeli képződmények ellenállásviszonyairól.
- A természetes elektromágneses tér változásainak spektrális felbontásához a méréseket digitálisan kellett végezni.

A mérés- és feldolgozástechnikai fejlesztések több lépcsőben történtek, amelyek főbb állomásai a következők voltak.

*A mérési frekvenciatartomány kiterjesztése.* A mágneses variométerek gyakorlatilag alkalmatlanok a magasabb frekvenciák mérésére, ezért a mágneses komponensek mérésére más típusú érzékelőket kellett alkalmazni. Az új szenzorok indukciós szondák lettek, amelyek lényegében egy nagy permeabilitású rúdra helyezett, akár fél millió menetet tartalmazó tekercsből állnak. Az első műszereknél alkalmazott indukciós szondákat az MTA GGKI készítette. A szondák házába helyezett előerősítők és szűrők fejlesztése az ELGI-ben történt. Ezekkel a mágneses érzékelőkkel az MT mérések frekvencia tartományát 20 Hz-ig sikerült kiterjeszteni. Az első, indukciós szondával mérő kétcsatornás (E, H) – skaláris MT méréseket lehetővé tevő – műszer 1974-ben készült el.

*A digitális jel rögzítésének megoldása.* A magnetotellurikus szondázás frekvenciaszondázás, a görbék meghatározásához a természetes elektromágneses térben egyidejűleg jelen lévő, különböző frekvenciájú jeleket szét kell választani. A spektrális elkülönítés matematikai módszereinek – konvolúciós szűrés, Fourier-transzformáció – alkalmazásához az idősorokat numerikusan kell ismer-ni (bár az ELGI-ben is folyt analóg MT műszerfejlesztés is). Mivel egy szondázási görbe meghatározásához szükséges mérési adatrendszer Mbyte nagyságrendű, a digitális jelrögzítés megkerülhetetlen.

Az első digitális jelrögzítésű MT műszer, a DEF-1 1977-ben készült el. A mérőállomás már az elektromágneses tér 5 komponensét ( $E_x$ ,  $E_y$ ,  $H_x$ ,  $H_y$ ,  $H_z$ ) regisztrálta, azaz alkalmas volt tenzoriális szondázásokra is. A jelrögzítés 1/2"-os, bolgár gyártmányú digitális magnetofonra történt. Az analóg–digitál átalakító 12 bites volt. A mérőműszerrel már az elkészülés évében MT kutatásokat végeztek Cseh-szlovákiában, a Morva-medencében.

A DEF-1 típusú MT műszer – a nagyszámítógépes kompatibilitás biztosítása miatt is – rendkívül bonyolult volt, és éppen emiatt igen bizonytalan működésű. Ezért már 1978-ban megkezdődött a mérőrendszer áttervezése, új számítástechnikai eszközök – mikroprocesszor – alkalmazásával. A DEF műszercsalád stabil

működésű változata, a DEF-7 1984-re készült el. Ebből a műszerből hármat adtak el a Román Geológiai és Geofizikai Intézetnek.

A 70-es évek végén egy új jel/zaj-növelő feldolgozási eljárás – a távoli referenciás feldolgozás – jelent meg a magnetotellurikában. Az új eljárás azáltal tudja növelni a mérések pontosságát, hogy két független zajkörnyezetben végzett szinkronizált mérésből a koherens jel kiemelhető. Az eljárás természetesen új kihívást jelentett az MT műszerfejlesztésben, és az ELGI vállalta ezt.

Az első szinkronizált távoli referenciás műszer, a VMTR-10 1990-re készült el. A műszer kétállomásos (10 csatornás) volt, és a két állomás kábeles összeköttetéssel csatlakozott az adatgyűjtő egységhez. A két mérőállomás maximális távolsága 10 km lehetett. További lényeges változás volt a DEF típusú műszerekhez képest, hogy a mérések dinamikatartományát 16 bitre növeltük, és az adatgyűjtés IBM-PC kompatibilis számítógépen történt.

A VMTR-10 néhány éves terepi tapasztalata – az egyállomásos mérésekhez képest kétségtelenül jelentkező előnyök mellett – két alapvető hiányosságot tárt fel:

- A kábeles összeköttetés rendkívül munkaigényessé tette az észlelést. Ugyanakkor a sokeres, hosszú kábel volt a megbízhatóság leggyengébb láncszeme is.
- A maximum 10 km referenciatávolság sok esetben nem biztosította a zajok függetlenségét, azaz a referenciás feldolgozás nem volt eléggé hatékony.

A fenti hiányosságokat kiküszöbölendő 1992-re elkészült az ELGI magnetotellurikus műszerfejlesztésének negyedik generációját jelentő RMTS-2 típusú mérő-feldolgozó rendszer. A mérések szinkronizálása itt GPS-szel van megoldva, azaz a műszerek közötti távolság tetszőleges lehet. Újdonság még a műszer-típusnál, hogy a mérések frekvenciatartományát 200 Hz-ig terjesztették ki, és mágneses érzékelőként ukrán gyártmányú indukciós szondákat használnak. Az ELGI MT méréseit jelenleg is ezekkel a műszerekkel végézik.

A fentiekben röviden vázolt műszerfejlesztésekhez természetesen szervesen kapcsolódtak eljárás- és módszerfejlesztések, illetve azok programjai, így például kalibrációs, adatgyűjtő, feldolgozó-, kiértékelő-, megjelenítő- stb. programok. Kiemelendő itt két külföldi partnert, akik lényeges segítséget adtak az ELGI MT fejlesztéséhez. Az egyik a VNIIGeofizika kutatói, akik elsősorban a feldolgozóprogramok fejlesztésében, a másik pedig az Amerikai Geológiai Szolgálat (USGS) specialistái, akik a 2D inverziók gyakorlatában segítettek.

A magnetotellurikus műszer- és módszerfejlesztés Varga Géza irányításával történt. A műszerfejlesztő villamosmérnökök közül, *Galambos Sándort, Gyenge Lászlót, Kertész Gábort, Kőszegváry Andrást, Süsletz Zoltánt és Széles Gábort* kell megemlíteni, míg a feldolgozóprogramokban közreműködő matematikusok között *Bojár Gábor, Gosztonyi László, Makai Mihály, Pázsit Mária, Prácser Ernő* emelhető ki. Az értelmezésben, feldolgozásban Varga Gézán kívül *Hobot István, Láda Ferenc, Madarasi András, Milánkovich András, Süle Sándor és Zalai Péter* geofizikusok szerepe a legjelentősebb.

### 8.3.5. Kis mélységű kutatások

#### 8.3.5.1. Elektromágneses szelvényezés

Bár a szelvényezésnek sokféle módszere és műszere van, az egyik legelterjedtebb és az ELGI-ben is alkalmazott a Geonics által gyártott EM-31. Igaz ugyan, a fejlesztés révén szondázni is lehetett vele. 1985 végén vásárolta meg az intézet a műszert, a munkaigényes egyenáramú mérések kiváltására. A módszer alkalmasnak tűnt egyrészt a nagy ellenállású árnyékoló, mint például a kavicsok alatti térrészek vizsgálatára, illetve lehetővé tették a konduktív gerjesztés kiváltását indukcióval, ami mérnökgeofizikai feladatok során gyakran fontos volt (mint például a városbeli mérések esetén, amikor nincs mód elektródák elhelyezésére). Az elektromágneses mérés nagyon érzékeny a jól vezető objektumokra, ez sok esetben előny, de sokszor hátrány.

A módszer fejlesztése többféle irányban indult el *Csathó Beáta* vezetésével. Mivel egy 4 m hosszú, csőszerű műszerről van szó (magunk közt „kályhacsőnek” hívtuk), rögtön adódott, hogy két, egymásra merőleges irányú csőhelyezettel kell mérni a felbontás és a pontos detektálás érdekében (Márkó gázcsövek, Csátárka utca). Ez talán földtani alkalmazásnál nem is, de a fémtárgyak (kábelek, csövek) kutatásakor, régészeti méréseknél (falak, tűzrakó helyek), vagy mérnök-geofizikai mérések során (beépített területeken) fontos.

- 1) Normál (függőleges mágneses dipólhelyzetű) 1 m magasságon elvégzett mérésakor a kalibráció miatt a valódi vezetőképességet lehetett mérni, amelyet a mért képzetes komponensből és a primer térből számított ki a műszer. Ebben az esetben a behatolási mélység 5–10 m volt. Ezt úgy kell érteni, hogy a felső 4 m-ből volt a jel mintegy 75%-a, a többi, egyre kisebb mér-

tékben, a nagyobb, 10 m-ig terjedő mélységtartományból. A valós komponens a fémekre, pontosabban a mágneses szuszceptibilitásra érzékeny (olajvezetékek nyomvonal-detektálása, elektromágneses zajforráskutatás Tapolcafőn).

- 2) Ha a mágneses dipólokat vízszintes helyzetbe állítottuk a behatolás mintegy felére csökkent. Kezdetben kézzel forgattuk a műszert, de ez nagyon körülményes volt. Ezért készült egy egyszerű, rugós, golyós szerkezet, amelynek segítségével a csövek, amelyben a tekercsek vannak, átfordíthatók.
- 3) A horizontális és vertikális mágneses dipólok esetében a behatolási mélység változó mind nagyságában, mind jellegében. Ezt használtuk fel, amikor szondázás jellegű méréseket végeztünk a műszerrel, azaz 0,5–1,0–1,5–2,0 m magasságban tartott műszerrel mértünk különböző dipólhelyzetekben. Ilyen módon ellenállás-mélységszelvényt lehetett szerkeszteni (lásd pl. a horányi gáton vagy Lepencén végzett méréseket).
- 4) Mivel az észlelő mindkét kezére szüksége volt a haladásakor (4 m-es csővel közlekedni akár dombon, akár erdőben nem egyszerű), és viszonylag sok mérést lehetett rövid idő alatt elvégezni, ezért *Vince László* és *Balogh György* közreműködésével SHARP PTA-4000 kisszámítógépre mérésvezérlő és adattároló program készült. Az adattároló lehetővé tette, hogy az eredeti analóg kijelzőt felváltsa a digitális kijelző, és az elektronikus nul-lázás és kalibrálás is sokkal pontosabb lett. A program fejlesztése során szelvényrajzoló program is készült, ami lehetővé tette a terepi adatok ki-nyomtatását, megjelenítését.

Ezek a fejlesztések 1987 végéig befejeződtek, onnantól a gyakorlati alkalmazásban hasznosultak a tapasztalatok. A földtani térképezésben (Iharkút, Pápa-vár), sekélyföldtani problémák megoldásában, például torlatkutatásban (Lökös-háza, Gönyü), bányabeli méréseknél, gátak állapotvizsgálatakor (Horány, Tököl), régészeti méréseknél (Jászdózsza, Lepence).

A műszert mind a mai napig alkalmazzuk, a kezdeti bauxitkutatás mellett elsősorban csővezeték detektálásakor (MOL), felszínközeli, pl. útépítőanyag-kutatásoknál (Abasár) vagy a hulladékelhelyezés során (Bátaapáti).

Bár az első műszer is megvan, de 2003-ban egy új műszert vásárolt az ELGI, amelyen a forgatás lehetősége már gyárilag be van építve. A műszerhez GPS helymeghatározó rendszert is kapcsoltunk a pontos helymeghatározás céljából.

### 8.3.5.2. Földradar

Az ELGI-ben az első földradarméréseket a Szilárd Ásványtelep Kutatási Főosztályon 1980-ban végezték. 1983-ban már régészeti célú mérések is történtek ezzel az eljárással, és 1985-ben megvette az Intézet az első saját földradar-berendezését. Ennek a berendezésnek, illetve az ezzel végzendő kutatásoknak *Pattantyús Á. Miklós* lett a témafelelőse, aki evvel a reflexiós szeizmikával rokonságot mutató kis mélységű kutatásokra szánt módszerrel kezdett foglalkozni.

Az ELGI, miután korábban bérelt berendezésekkel dolgozott, az első berendezést 1992-ben egy, a felszínközeli változásokra érzékenyebb változatot pedig 1999-ben vásárolt. A *Pattantyús Á. Miklós, Elek Borbála, Neduczka Botiszláv, Prónay Zsolt, Törös Endre* összetételű csoport a műszerbeszerzéssel egy időben látott hozzá a feldolgozóprogramok fejlesztéséhez, amelyeknek kiindulási alapjait a szeizmikus feldolgozóprogramok jelentették. A témáról részletesebben a 6. fejezet 5. és 6. pontja számol be.

### 8.3.6. Mérnök-geofizikai szondázás

A mérnök-geofizikai szondázás (MGSz) nem kifejezetten geoelektromos módszer, de a megoldást az ELGI kis mélységű kutatásokkal foglalkozó geoelektromos szakemberei fejlesztették ki.

Főleg a 10–20 m-es mélységű kutatási feladatok megoldásánál a kvalitatív módszerek (pl. VLF) nem adnak lehetőséget kritikus rétegek mélységének, vastagságának meghatározására, de még a VESz-mérésekkel elérhető pár méteres hiba lehetősége is zavarta a kutatókat, ezért kerestek olyan módszereket, amelyekkel ez a tartomány kvantitatívan is megfogható. A *Jósa Ernő* szellemi irányításával elkezdődött kísérletek alapgondolata a mechanikai szondázások összekapcsolása a mélyfúrás-geofizikai szondázással. Mindezt miniatűr, lehetőleg hordozható, vagy kisebb járművel szállítható változatban kívánták megvalósítani.

A néhány cm átmérőjű csövek talajba juttatására két lehetőség kínálkozott, az ún. statikus és a dinamikus eljárás. Az előbbi hidraulikus rendszerrel nyomja a talajba a rudat, és a nyomóerőből következtet a talaj mechanikai szilárdságára, az utóbbi az egységnyi előrehaladáshoz szükséges ütésszámból következtet erre. *Jósaék* megpróbálkoztak a dinamikus megoldást jelentő vibrokalapáccsal is, de végül a hidraulikus megoldás vált be.

Az első, gyakorlatban is működő szerkezetet *Erőss Sándor* valósította meg, de ehhez számos ötlettel járult a terepi kísérleteket végző *Kakucsai Ferenc* és *Duschek Vilmos* is. A berendezést lehorgonyozták a földre, majd 4 cm átmérőjű, hegyes kúppal induló csövet hidraulikával sajtolták be. Mérték a csúcson észlelhető nyomást és az egész rúd lenyomásához szükséges erőt. Ez eddig nem új dolog, ezt a világon sokfelé alkalmazták. Az újdonságot az jelentette, hogy a lenyomott csőben mélyfúrás-geofizikai szondával megmérték a természetes gamma aktivitását, majd egy gamma-sugárforrás felhasználásával gamma–gamma- (azaz kőzetsűrűség-) mérést és egy neutronforrás felhasználásával neutron–neutron- (azaz H-ion-koncentráció-) mérést is. A mintegy 2,5 cm belső átmérőjű csőbe kereskedelembe kapható szonda vagy sugárforrás nem volt beleengedhető. Ezért a miniaturizálás miatt lényegében új fejlesztésű eszköz is született az ELGI-ben, amely a rudazat esetleges elhajlása miatt többrészes, csuklós szonda lett. A mért adatok digitális rögzítésére az első lépéseket *Soós András* tette meg. Újabban már az ELGOSCAR Kft. fejlesztésében a fajlagos ellenállásmérést is megvalósították. Mindezt főként *Fejes Imre* munkássága nyomán egy értelmezőszoftverrel egészítették ki. Ezt elsősorban a Kisalföld kutatási programjában mélyített 10 m mélységű MÁFI fúrások geológiai rétegsorának és az ezekhez tartozó mérnök-geofizikai paraméterek statisztikus összehasonlításával alapozta meg.

Csaknem két évtizeden át tartó fejlesztőmunka után, 1990-ben már *Magyar Balázs* vezetése alatt *Fejes Imre*, *Gyenge László* villamosmérnök, *Stickel János* vezérlő- és feldolgozóprogramokat író geofizikus munkássága révén alakult ki az a megbízható, üzemszerűen működő gép- és műszerpark, amely a mérnök-geofizikai feladatok, a környezetvédelmi problémák vizsgálatának rutinszerűen alkalmazott módszerévé lett. Ehhez egyrészt a mechanikát tették 16 t nyomóerő mellett üzembiztossá (részben a svéd Borro berendezés megvásárlásával, amelyhez a hidraulikát illesztették, részben a saját fejlesztésű önjáró lánctalpas egység, az ún. „vasló” megépítésével, vagy kereskedelembe kapható traktorokhoz való illesztéssel).

A rendszernek a különböző felszíni talajtípusokhoz való lehorgonyzásához is többféle, gyakorlatban alkalmazható megoldást fejlesztettek ki. Mindehhez illesztették a digitális érzékelőket, a központi adatgyűjtő, mérő- és feldolgozóegységet, amely egy laptopon a mérés közben a mélység függvényében mutatja az egyes paraméterek változását. Az előre betáplált hitelesítési adatok és a földtani képződményekre vonatkozó alapadat-rendszer segítségével a mérés helyszínén is kinyomtatható az értelmezett rétegsor, amely 10 cm vastagságú ré-

tegek kimutatására alkalmas. A berendezéshez készült szelektív víz- (folyadék-) minta vételezésére szolgáló egység és a talaj szivárgási tényezőjét víznyeletéssel meghatározó egység is.

Végeredményben az in situ vizsgálati eljárás, főként laza talajokban sokkal jobb felbontást tesz lehetővé, mint a fúrásos technológia. A földtani rétegsor mellett számos olyan tulajdonság kimutatására alkalmas, ami a környezetvédelmi vizsgálatok sarokköve. Például a 90-es években a szovjet csapatkivonásakor az itt hagyott objektumok talajának, talajvizének szénhidrogén-szennyezését ez a berendezés olyan meggyőző biztonsággal mutatta ki, hogy „ha az ELGI berendezése igazolta a szennyezést”, azt a kivonulás főparancsnoka, Silov altábornagy aláírásával igazolva elfogadta. Elsősorban az ELGI-nek ez az eszköze eredményezte a nullszaldós szovjet csapatkivonásokat. Ugyanis a 112 objektumban végzett MGSz vizsgálat eredményeként volt bizonyítható a katonai objektumokban kimutatott jelentős talaj- és talajvízszennyezés, amelynek kármentesítési költsége összemérhető volt az itt hagyott repülőterek és egyéb objektumok értékével.

Miután később az ELGI erről a berendezésről lemondott, az ELGI mérnök-geofizikai osztályáról elbocsátott dolgozókból alakult ELGOSCAR Kft. fejlesztette tovább. Az ELGI-s *Fejes Imre* vezetésével elnyert OTKA pályázat eredményeként az ELGI, az ELGOSCAR és a Budapesti Műszaki Egyetem Geotechnikai Tanszékének együttműködésében olyan talajmechanikai eredmények is kinyerhetők a mérnök-geofizikai szondázásokból, amelyek közvetlenül felhasználhatók az építőipari mérnöki munkában, mint például hézagterefogat, száraz térfogatsúly, víztartalom, deformációs modulus, Stefanoff-konzisztenciaindex stb.

A fajlagos ellenállásméréssel kiegészített egység egészen különleges problémák megoldására is alkalmas. Például egy vegyi üzemben a talajvíz felső 1-2 m-es vastagságú része első közelítésben tisztának mondható. Alatta azonban van egy újabb 1-2 m vastag talajvízréteg, amely lúggal szennyezett, majd újra tisztább a víz. Ezt a fajlagos ellenállás-szelvény látványosan jelzi.

### **8.3.7. Az ELGI-ben használt geoelektromos műszerek, műszerfejlesztés vagy -vásárlás**

Áttekintve az ELGI-ben, a különböző földtani kutatási feladatok megoldása során alkalmazott műszereket, nagyon markánsan rajzolódik ki két különböző fel fogás. Ezeket ugyan látszólag elsősorban a kutatási feladat határozza meg, való-

jában azonban inkább személyhez kötődnek. Mindenekelőtt lássuk a tényeket, az egyes geoelektromos módszerek mérései során használt műszereket és az előállítókat.

- Tellurika: T-9, T-14, TEM-80 (mind hazai, illetve ELGI gyártmány)
- Magnetotellurika: DEF-1, DEF-7, VMTR-10, RMTS-2 (mind ELGI fejlesztés és gyártmány)
- Mélyszondázás: GE-30, GE-40, T-14 (mind hazai, illetve ELGI gyártmány)
- Fajlagosellenállás-mérés, szondázás, szelvényezés, térképezés: GE-20 és a GE-sorozat, a GP-sorozat, D-10R (mind hazai, illetve ELGI gyártmány)
- Elektromágneses módszerek: EM-16R VLF Geonics, EM-31 Geonics, EM-37 Geonics, TEM-47 ProTEM Geonics, SE-77 Scintrex, EMR-16 Geoprobe (mind kanadai gyártmány)
- Gerjesztett polarizáció: MARK VII Scintrex (Kanada), DIAPIR-sorozat (ELGI), Geska (Geofizika Brno)
- Földradar: pulseEKKO-100, pulseEKKO-1000, Noggin-250 (mind Sensors & Software Inc., Kanada)

A tellurika, magnetotellurika, vertikális elektromos szondázás és rokonai, dipólszondázás csak hazai műszerekkel folyt, a GP-mérések jelentős része is. Az elektromágneses mérések csak vásárolt műszerekkel (hiányzik az egyetlen ELGI fejlesztés, az MFS műszer ismertetése). Ha a módszerek helyett a domináns földtani feladatot vesszük, akkor a mélyszerkezet- és érckutatás túlnyomórészt hazai, ezen belül ELGI fejlesztésű és gyártású műszerekkel folyt, a bauxit- és szénkutatás viszont szinte kizárólag vásárolt berendezésekkel. Mielőtt általánosságban vizsgálnánk a két felfogás előnyeit és hátrányait, röviden ki kell térni azokra a körülményekre, amelyek között 1990-ig dolgozni kellett.

A nyugati, azt mondhatjuk, fejlettebb elektronikai alkatrészek, majd később a számítástechnikai eszközök beszerzésének két korlátja volt:

- a forint nem volt konvertibilis, hiába volt meg a vásárlás pénzügyi fedezete forintban, nem volt könnyű ezt dollárra váltani,
- mind az alkatrészekre, mind a számítástechnikai berendezésekre létezett embargó, azaz meghatározott alkatrészeket, eszközöket nem lehetett megvásárolni.

A könnyebben elérhető szovjet gyártmányokkal – akár műszerekkel, akár számítógépekkel – inkább a rossz tapasztalatok voltak a jellemzők. E külső kö-



rülmények ellenére is ki tudott alakulni a kétféle gyakorlat, persze kivételekkel és túlzásokkal.

A saját műszerfejlesztés legfőbb előnye az, hogy teljes mértékben figyelembe lehet venni a földtani kutatás igényeit, mind a műszer típus kiválasztásában, mind a műszer paramétereinek meghatározásában. Az elkészült műszerek javítása nem jelent gondot. A továbbfejlesztés nem valami új feladat, hanem a munka logikus folytatása az új lehetőségek kihasználásával. Egészen más megítélés alá esik egy olyan intézmény, amely nemcsak saját szükségleteire, hanem mások számára is képes műszereket előállítani, mint az, amely legfeljebb a „nagyon jó vevő” minősítést érheti el. Sikeres műszerfejlesztés költségei nemcsak a terepi kutatás során térülnek meg, hanem a műszereladások révén is. A legnagyobb hátrány a műszerfejlesztés időigénye és az, hogy emiatt többnyire kialakul egy hosszabb-rövidebb elmaradás az élvonaltól.

Műszervásárlás esetén egy új kutatási módszer szinte azonnali bevezetése olyan, akár gazdasági eredményekkel is járhat, amelyeket néhány évvel később esetleg már nem lehet elérni. És azt is be kell látni, hogy akár kutatási szerződések elnyerésére, akár csupán a kutatási eredmények ismertetésére előadás vagy publikáció formájában nagyobb esély van, ha egy világszerte ismert, piacvezető cég műszere szolgáltatta az adatokat, nem pedig egy, a többség számára ismeretlen, saját fejlesztésű eszköz.

Ezzel szinte fel is soroltuk a műszervásárlás előnyeit is, milyen esetben nem jelentkeznek a műszerfejlesztés hátrányai. Legnagyobb hátránya viszont az, hogy a leggondosabb előkészítés, a mérési paraméterek ismerete ellenére könnyen előfordulhat, hogy a megvásárolt műszer nem váltja be a hozzá fűzött reményeket, így a beruházás nem térül meg.

A rendszerváltás után a külső, korlátozó körülmények megváltozásával új helyzet állt elő. Hiába bizonyosodott be több területen is, hogy a műszerfejlesztés gazdaságilag is eredményes lehet, a leépítések és a keleti piac összeomlása miatt mind a szakember gárda, mind a fedezet szinte teljesen eltűnt a műszerfejlesztés mögül az ELGI-ben. Pedig akár a hasonló cseh és egykori kelet-német intézmények, de a hazai kft.-k példája is azt mutatta, hogy a geofizikai, ezen belül a geoelektromos műszerfejlesztésre továbbra is volt igény. Mindenképpen a lehetőségek szűkülését jelentette, hogy az Intézet számára főként csak a műszervásárlás maradt.

### 8.3.7.1. Az intézeti fejlesztésű geoelektromos műszerek áttekintése

Az ötvenes években elfogadott konvenció szerint a geoelektromos műszereket GE típusjellel láttuk el (a tellurikus konstrukciók betűjele T, a szeizmikusoké Sz volt). Marketing okokból később más neveket is alkalmaztak (RACE, Diapir, DEF stb). A Függelék VI. táblázatában a sikeres és sikertelen típusokat együttesen listázzuk, mert az utóbbi fejlesztések is tanulságosak.

#### Irodalom

- Bognár B., Simon A. (1983): Priblizsennij szposzob vicsiszlenijja glubin granic razgyela i ego primenenie dlja kartirovocsnih metodov posztrojannogo toka. 26-oj Mezsdunarodnij Geofiziceszkij Szimpozium. Trudy, Balatonszemes. Budapest, pp. 347–357, ELGI
- Bojár G., Draskovits P. et. al. (1977): Geoelektromos módszer- és műszerkutatások. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1976. Évi Jelentése, Budapest, 80–82. o., ELGI
- Kakas K. (1986): Depth inversion for transient EM soundings : The TRH technique and results for central loop layout. EAEG Conference, Ostende
- Kardeván P. et al (1980): Induktív gerjesztésű multifrekvenciás elektromágneses módszerfejlesztés. ELGI Évi Jelentés, 1980., 73. o.
- Prácsér E. (1992): Fast computing of transient electromagnetic field on the surface of layered half-space. Geophysical Transactions 37/2–3, 159–176
- Simon A. (1974): Geoelektromos módszer és műszerkutatás; FFG módszer. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1973. Évi Jelentése. Budapest, 59–60., 91–92. o., ELGI
- Simon A., Szabadváry L. (1975): Jelentés a fúrás-felszín gradiens módszer 1973., 1974. évi kísérleteinek eredményéről. Budapest, ELGI.
- Simon A. (1997): Geoelektromos terek normálásán alapuló elmélet, mérési és feldolgozási eljárások. Kamidátusi disszertáció. Budapest, MTA Könyvtára, ELGI
- Simon A., Schifter Gy., Péter I. (1981): Eljárás és készülék mérőszondák bejuttatására nehezen megközelíthető mérendő közegekbe, különösen geofizikai fúrólyukak falába, bányavágatok és fejtések falába, valamint víz alatti rétegekbe. OTH 181610, 1981. VII. 31.
- Simon A. (1982): Fúrólyuk-elektrodás felszíni mérések. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1981. Évi Jelentése, Budapest, 61–64. o., ELGI
- Sörös L., Balogh Gy. (1998): Time domain EM scale modelling study with EM-37 instrument. EAEG Conference, The Hague

- Sőrés L. (1990): Direct inversion of transient EM Data obtained by fresh water prospecting survey. Model Optimization in Exploration Geophysics, 8th International Seminar, West Berlin
- Sőrés L. (1991): Transformation of transient decays to continuous apparent resistivity curves, a generalized resistivity definition. EAEG Meeting, Firenze
- Sőrés L. (1999): An other GIS: Geoelectric Information System. EEGS Meeting, Budapest
- Sőrés L. (2004): The Hungarian National Geoelectric Database. EAGE Meeting, Paris

## 8.4. Gravitációs és mágneses módszer- és műszerfejlesztés

*Szabó Zoltán*

### 8.4.1. Sűrűségproblémák

A gravitációs kutatás egyik alapvető problémája a Bouguer-anomáliák számításához szükséges átlagsűrűség meghatározása. Az Eötvös-ingaméréseknél a sűrűségprobléma csak a topografikus korrekció meghatározásánál játszik szerepet. Eötvös és munkatársai a mérési pontokon vett talajminták sűrűségét egy külön erre a célra kifejlesztett terepi mérleg segítségével határozták meg. A graviméterek megjelenésével viszont szükségessé vált a felszín és a vonatkozási felület – általában a tengerszint – közötti köztömegek átlagsűrűségének ismerete is. Ezt már nem lehet a felszíni talajmintákra korlátozni, sőt laboratóriumi eszközökkel nincs is mód ennek meghatározására. Ezért a kutatók már igen korán megpróbálkoztak olyan eljárások kidolgozásával, melyek magukból a graviméteres mérésekből teszik lehetővé az átlagsűrűség meghatározását. Elsőként 1939-ben Nettleton foglalkozott a problémával. Eljárásának lényege a topográfia és az anomáliamenet korrelációjának minimalizálása. Hazánkban *Egyed László* dolgozott ki átlagsűrűség meghatározására szolgáló módszert (*Egyed 1955*). Abból a feltételezésből indult ki, hogy helyes átlagsűrűség alkalmazásakor három, egy egyenesbe eső állomás esetén a Bouguer-anomália lineárisan változik. A lineáristól való eltérést a helytelenül megválasztott korrekciós sűrűség okozza. Ebből és az ehhez tartozó magasságkülönbségből meghatározható a helyes átlagsűrűségtől való eltérés. *Steiner Ferenc* egy hasonló elven működő, területi kiértékelésre alkalmas eljárást fejlesztett ki (*Steiner 1957*). A későbbiekben *Pintér*

*Anna és Szabó Gábor* végeztek kiterjedt sűrűségvizsgálatot az ország különböző hegyvidékein. Számításait szintén gravimétermérések adataira alapozták (Pintér, Szabó 1966).

Mindezek ellenére a sűrűségprobléma csak nem akart nyugvópontra jutni, elsősorban helyi értelmezési problémák miatt, mint pl. a Szolnok környéki komplex geofizikai kutatási terület zagyarékes medencerésében, ahol a szeizmikus refrakciós és geoelektromos mérésekkel meghatározott mély medence felett gravitációs maximum jelentkezett. Az ellentmondás feloldására *Kilényi Éva* 1966-ban feldolgozta a tágabb területre eső 77 mélyfúrás, összesen 1185 magmintaán az OKGT kőzetfizikai laboratóriumában meghatározott térfogatsúly- és porozitásadatokat. Megállapította, hogy a részmedencék sűrűség-mélység függvényeire általában egyenes illeszthető, de az egyenesek gradiensei a medencealjzat mélységével fordítva arányosak, azaz minél sekélyebb a medence, annál meredekebben nő a sűrűség. Ebből arra a következtetésre jutott, hogy a sűrűségben elsősorban nem a terhelésnek (mélységnek), hanem a kornak, ill. a konszolidációnak van meghatározó szerepe. Továbbá, a zagyarékes medencerész sűrűségadatai a többitől eltérően nem egyenlíthetők ki egy egyenessel, és a kezdeti meredekebb dőlésű szakasz végpontjában a pannóniainak minősített üledékek elérik az aljzati sűrűségértéket (*Kilényi 1969*).

Ezek az eredmények rávilágítottak a laboratóriumi kőzetfizikai paraméter-meghatározások fontosságára, ezért nagyszabású mérési programot indítottak a Tihanyi Obszervatóriumban. Ennek keretében több mint 12000 kőzetminta sűrűségmeghatározására került sor. A program 1970-ben anélkül szakadt meg, hogy elkészült volna a mérési anyag statisztikai feldolgozása. Erre csak 1994-ben került sor, amikor *Szabó Zoltán* és *Páncsics Zoltán* a laboratóriumi mérések statisztikai feldolgozásával párhuzamosan 69 mélyfúrás 145000 fm-t kitevő, gamma-gamma-mérésből származó sűrűségrészletét is feldolgozták. Így 1995-re jó áttekinthető képet kaptunk a hazánkban található kőzetek sűrűségviszonyairól (*Szabó, Páncsics 1999a*).

Egy változó topográfiájú és változó kőzetfelépítésű terület térképezése során mindig gondot okoz a Bouguer-korrekcióhoz szükséges átlagsűrűség megválasztása. Különösen így van ez országos térkép szerkesztése esetén. Az átlagsűrűség megválasztása tekintetében kétféle megoldás kínálkozik. 1) Egységes átlagsűrűség alkalmazása és az ebből fakadó torzulás figyelembevétele az értelmezésnél. 2) Változó átlagsűrűség alkalmazása. A hazai térképszerkesztésnél az első változatot alkalmazták az 1:50000-es térképsorozat kézi és 1984-ben az

1:100000-es térképsorozat számítógépes megszerkesztésénél. Az első esetben átlagsűrűségnek  $\sigma = 2,0 \text{ g/cm}^3$  értéket választottak, mondván egyrészt, hogy az ország 70%-a fiatal üledékkel fedett sík terület, ahol ez az érték jól közelíti a valóságot, másrészt szénhidrogén-kutatás céljából ez a terület perspektivikus. A hegyvidékeken jelentkező torzulás jelentősége alárendelt, mert ott a földtani szerkezet a felszínen tanulmányozható. A második esetben  $\sigma = 2,4 \text{ g/cm}^3$  sűrűségértéket alkalmaztak, mondván, a vulkanikus felépítésű hegyvidékeken ez jó közelítő érték, míg az Alföldön – a sík topográfiájának köszönhetően – ez nem okoz számottevő torzulást, a gránit, ill. mészkő felépítésű területeken fellépő torzulás pedig jóval kisebb, mint  $\sigma = 2,0 \text{ g/cm}^3$  alkalmazása esetén. Mindkét érvelésnek van létjogosultsága, ezért is készült a két térképsorozat különböző sűrűséggel.

Az 1990-es években Szabó Z. és Páncsics Z. kísérletet tettek egy változó sűrűséggel számított országos térkép megszerkesztésére. Eljárásuk lényege, hogy a síkságra érvényes  $\sigma = 2,0 \text{ g/cm}^3$  és a hegységekre érvényes  $\sigma = 2,67 \text{ g/cm}^3$  közti átmenetet egy magasságtól függő korrekciós tényezővel oldották meg, ezáltal elkerülve a sávos sűrűségváltozásnál óhatatlanul fellépő torzulásokat (Szabó, Páncsics 1999b).

Programozható kalkulátorokra (HP97) először Dövényi Péter írt programcsomagot (1975), amely amellett, hogy meggyorsította a gravitációs adatok feldolgozását, a feldolgozás több lépését is egzaktabbá tette (lokális sűrűségszámítás, driftszámítás stb). Ezt használták Iránban, tábori körülmények között a Sabalan-hegység felmérésénél (1977–1978).

A topografikus korrekció számítását több gépre is megírták, 1980 körül már rutinszerűen futott egy ilyen programcsomag a HP9815 számítógépen (Dövényi Péter). 1988 és 1990 között Kubában egzakt (tehát a „térképi magasság” hatását is korrektül figyelembe vevő) kartografikus hatásszámítás futott PTA1500 gépeken, tábori körülmények között (Kakas Kristóf).

#### 8.4.2. Hegyvidéki gravitációs mérések módszertani kérdései

A 70-es évek végére kiderült, hogy a hegyvidéki területeken végzett gravitációs méréseknél speciális feldolgozási eljárásokat kell alkalmazni. Miután a gravitációs mérések zömét világszerte, így hazánkban is kőolajkutatás céljából, többnyire sík területen végezték, a tagolt topográfiájú területeken végzett mérések feldolgozási és kiértékelési problémáival nemzetközi szinten sem foglalkoztak. Ezért 1980-tól kezdve intenzív módszerfejlesztésbe kezdünk a problémák megoldására. Hegyvidéki méréseknél a következő problémák lépnek fel:

- a mért értékek nem síkra, hanem az erősen változó topográfia felszínére vonatkoznak,
- a konstans átlagsűrűséggel számított Bouguer-korrekciónak miatt a változó sűrűségű kőzetekből felépített, változékony domborzatú területek magasságértékei és Bouguer-anomáliái között lokális korreláció lép föl, és ez tovább nehezíti az értelmezést.

E problémákból következtek a megoldandó feladatok:

- A változó tengerszint feletti magasságra vonatkozó anomáliákat egy közös síkra – célszerűen a terület legmagasabb pontjának szintjére – kell átszámítani. Ez analitikus fölfelé folytatással történhet.
- A gravitációs mérési adatok és a magasságértékek lokális korrelációjából meg kell kísérelni meghatározni a felszínközeli kőzetek átlagsűrűségét, és e pontról pontra változó sűrűséggel a megszokottnál jóval komplikáltabb módon számítani a Bouguer-korrekciónak.

1984-re elkészült a felszínközeli átlagsűrűséget számító program, valamint az analitikus fölfelé folytatás programja. Mindkettőt sikerrel alkalmazták a Mátra területén.

A hegyvidéki gravitációs mérésekhez szorosan kapcsolódik a topografikus korrekció kérdése, melynek nagysága még a magyarországi hegyvidékeken is elérheti a 10–12 mGal értéket. Ennek elhanyagolása vagy nem megfelelő sűrűség alkalmazása jelentősen torzíthatja a gravitációs térképet. A 80-as évek elején a számítógépek fejlettsége már lehetővé tette, hogy a topografikus korrekció számítását automatizáljuk. A számítások végrehajtásához szükség volt egy, a topográfiát jól közelítő digitálisadat-rendszerre, melyet úgy állítottunk elő, hogy az 1:10000 méretarányú szintvonalas térképek minden egyes cm<sup>2</sup>-re megállapítottuk annak átlagmagasságát, és azt az adott négyzet koordinátaíhoz rendeltük. Ezáltal a topografikus hatákszámításba bevont terület – a régi eljárás körgyűrű-szektoros megoldásától eltérően – négyzet lett. A program az R-35 számítógépre készült (Schönviszky, Stomfai 1984).

### 8.4.3. Hatószámítások

A számítógépek megjelenése előtt gömb, vagy henger gravitációs hatását tudtuk számítani. Ezekkel azonban a teret nem lehet kitölteni, ezért *Zilahi-Sebess László*

a hatót derékszögű hasábokra bontotta, ezekből ugyanis tetszőleges alakzatot építhetünk fel, és ez a felbontás bármely pontra lehetővé teszi a gravitációs hatás kiszámítását. A számítások nehézségei miatt azonban a gyakorlatban csak két-dimenziós hatószámításokat alkalmaztunk. Az első háromdimenziós gravitációs hatásszámítási programot *Zilahi-Sebess László* készítette UMC-1 típusú számítógépre (Zilahi-Sebess 1966).

A 60-as évek végén elsősorban a mágneses hatószámítások során tapasztalt problémák heves vitát váltottak ki a hatószámítások alkalmazhatóságát illetően. Kétségtelen, hogy az irodalomból ismert hatószámítások zömét táblás területekre dolgozták ki, és ott is alkalmazták. Medence területeken, mint amilyen a Pannon-medence, más jellegű hatók megjelenésével kell számolni. Kétségtelen az is, hogy a számítógépek számos, addig a gyakorlatban alig kivitelezhető számítást tettek lehetővé, ami könnyen az öncélú matematikai játékok irányába viheti el a feldolgozást, és a számítógép bűvöletében könnyű elfeledkezni a fizikai-geofizikai alapokról. A vita illusztrálására lássunk két idézetet *Stomfai* cikkéből (Stomfai 1971): „Ha egy véges kiterjedésű gravitációs vagy mágneses alakulatot nem a matematikus fantázia, hanem a természet hozott létre, akkor ez a földfelszínen olyan anomáliát okoz, amely erre az egyetlen ható elrendeződésre jellemző, és minden más természetes ható anomáliájától különbözik. A földtanilag lehetséges esetekben tehát a gravitációs és mágneses hatószámítás elvileg egyértelmű, és kizárólag a mérések pontosságán múlik, hogy a hatóalakzat paramétereit mekkora hibával kaphatjuk meg.” A szerkesztő (*Szénás György*) a cikkhez írott megjegyzésében vitatkozik a szerzővel, és felhívja a figyelmet a matematikai formalizmus veszélyére, mely szerinte: „nem a fizikai korlátok, hanem a geofizikai korlátok szintjén a legnagyobb.”

A 70-es évek végén *Pintér Anna* és *Stomfai Róbert* a szűrt anomáliák értelmezési lehetőségeire keresve megoldást, kidolgoztak egy olyan számítástechnikai eljárást, amelynek segítségével elvileg tetszés szerinti bonyolultságú földtani modell gravitációs hatása kiszámítható. A módszer lényege, hogy a felvett hatómodellt egymásra merőleges, függőleges síkokkal folszeletelik négyzet alapú hasábok sokaságára, az egyes hasábok hatását kiszámítják, majd összegezik. E hatás kiszámítása egy négyzethálós sarokpontjaira igen számításigényes, de lehet a következő egyszerűsítést alkalmazni: a hasábok anyagát gondolatban összehúzzuk a hasáb függőleges középvonalába, és ennek az „anyagfonalnak” a hatását számoljuk. Így elfogadható pontosságú közelítést nyerünk ezerszer kevesebb számolással. A szakzsargon „pálcikázó módszer”-nek nevezi ezt a korlátozás nél-

kül alkalmazható eljárást. Ezt a módszert alkalmazta *Schönviszky L.* és *Stomfai R.* a topografikus korrekció számítógépes megvalósítására is.

A mágneses hatószámítás újszerű alkalmazását tette lehetővé az 1986. évi nyírségi szeizmikus kutatás, amely minden előzőnél jobb minőségű szelvényeket eredményezett. Ezeken a szelvényeken elválaszthatók a tufák a szubvulkáni testektől, ezáltal megnyitva az utat újszerű gravitációs és mágneses modellszámításokhoz. Első lépésként az anomáliatérképeket szűrési kísérletnek vetették alá az egyes hatók szétválasztása érdekében. Az így nyert anomáliatérképek lényegesen jobban korreláltak a szeizmikus szelvényekben meghatározott vulkáni testekkel, de hatószámításra a szűrt anomáliaértékek alkalmatlanok. A szeizmikával meghatározott hatóalakzatokból és mélységekből kiindulva, változónak tekintve a sűrűségkülönbségeket, ill. a szuszceptibilitásértékeket, számolták ki a változatos alakú, pozitív és negatív mágnesezettségű hatók gravitációs és mágneses hatását. A legjobban illeszkedő modell szolgáltatta paraméterek reálisnak tűntek, és alátámasztották az eredeti feltevést, hogy a hatók rétegvulkáni központok (Kilényi et al. 1989).

A rendszerváltás után, majd az internet elterjedésével lehetővé vált a szabad forráskódú programok (pl. USGS) használata, ami lehetővé tette, hogy adaptáljuk a rutinszerűen alkalmazott eljárásokat potenciáltér-adatok feldolgozása során. A kódok lehetővé tették a programok továbbfejlesztését is. Ebben a munkában fontos szerepe volt *Sárhidai Attilának*, *Prácser Ernőnek* és *Kiss Jánosnak*.

#### 8.4.4. Anomáliatérképek másodlagos feldolgozása

A regionális és maradékanomáliák szétválasztását kezdetben grafikus úton próbálták megoldani. Az 1930-as évek vége felé az eljárást mintegy automatizálták: pontról pontra haladva bizonyos sugarú kör, vagy körök mentén területi átlagokat számoltak, ezt tekintették regionális hatásnak, a pont értéke és a területi átlag különbségét pedig maradékanomáliának. Könnyen belátható, hogy az átlagolásba bevont terület nagysága nagymértékben befolyásolta az eredményeket. A későbbiekben, az 1950-es évek elején számos bonyolultabb matematikai eljárást javasoltak a kétféle hatás szétválasztására. Ezek voltak az ún. magasabb derivált módszerek (Elkins, Peters, Baranov, Rosenbach stb.), és ide számíthatjuk az analitikus lefelé folytatás módszerét is. E módszereket hazánkban 1953-ban kezdték alkalmazni, bevezetésük elsősorban *Facsinay* nevéhez fűződik (Facsinay 1953, Facsinay et al. 1958). Leginkább az Elkins-féle második derivált módszere



terjedt el a hazai gyakorlatban. Az eljárást kiolvasási raszterek segítségével lehetett automatikussá tenni, de az alapvető probléma – a számításba bevont terület sugarának megválasztása – megmaradt. Miközben a raszterek használata valóban felgyorsította a munkát, egyúttal sematikusá tette a módszerek alkalmazását.

*Pintér Anna és Szabó Zoltán* összehasonlította a különböző magasabb deriváltak számítási módszereit a területi átlag módszerével, és azt találták, hogy az eredmény gyakorlatilag azonos (Pintér, Szabó 1961). Valamennyi módszernél problémát jelentett, hogy az egyenetlen állomáseloszlás miatt az átalakított térképen sok esetben fiktív anomáliák és fiktív szerkezeti irányok jelentek meg.

A számítógépek elterjedése a regionális, maradék- és deriválttérképek területén is új lehetőségeket teremtett. Az első regionális, ill. maradékanomália számítására alkalmas programot *Zilahi-Sebess* készítette IBM 628 típusú számítógépre (Zilahi-Sebess 1964). A regionális anomália közelítésére kétváltozós harmadfokú polinomot alkalmazott. A számítógépek a probléma újfajta, a szűrőelméleten alapuló megközelítését is lehetővé tette. Az elektromos szűrőkhöz hasonló eljárást a gravitációs térképek átalakítására is lehet alkalmazni, amelynél a nagyfrekvenciának a mérési zaj, a közepes frekvenciáknak a kutatandó mélységtartomány anomáliái, míg az alacsony frekvenciáknak a regionális anomáliák felelnek meg. Természetesen a frekvenciatartományok a kutatandó mélységeknek megfelelően változhatnak. Az elektromos szűréshez képest lényeges különbség, hogy térképek átalakításánál kétdimenziós szűrést kell alkalmazni. A numerikus szűrésre a számítástechnikában jól kidolgozott módszerek álltak rendelkezésre, ezeket kellett alkalmazni a gravitációs térképekre. A hazai gyakorlatban *Meskó Attila* dolgozott ki egy szűrőparaméter-sorozatot a különböző eredetű gravitációs anomáliák szétválasztására (Meskó 1965, 1983). *Meskó* módszerét az ELGI átvette és alkalmazta.

A másodlagos feldolgozásnak, illetve a szűrés alkalmazásának alapvető feltétele, hogy a kiindulásul szolgáló Bouguer-anomáliatérkép megbízhatóságát megfelelő szinten biztosítani kell. Ezt kétféle módon lehet elérni. 1) A mérési pontosság növelésével, erre vonatkozóan mondhatjuk, hogy 1950, a Heiland graviméterek megjelenése óta ez a probléma megoldást nyert. 2) Az állomáseloszlás egyenletessé tételével. E téren az 1960-as évek közepén hozott fordulatot a könnyen hordozható Sharpe, majd Worden, ill. LCR graviméterek megjelenése. A Heiland gravimétereket, méretüknél és súlyuknál fogva csak gépkocsival lehetett szállítani, így csak utak mentén lehetett velük mérni. Az általános gyakorlat szerint a méréseket 500 m-es távolságközzel végezték, de megfelelő úthálózat

hiányában sok esetben néhányszor 10 km<sup>2</sup>-es területekre nem került mérési pont. Ilyen egyenlőtlen állomáseloszlás mellett a térkép megbízhatósága távolról sem volt egységes, következésképpen másodlagos feldolgozás esetén fennállt a veszélye fiktív anomáliák kialakulásának.

A probléma megoldását elvben a szabályos négyzethálóban történő mérés szolgáltatja. A tapasztalat azonban azt mutatta, hogy a szabályos négyzethálóban végzett mérések többletköltsége nem áll arányban az így nyerhető többletinformációval. Tapasztalatunk szerint elegendő kvázihálózatosan felmérni a területet, majd négyzethálózatra interpolálni.

A másodlagos feldolgozás ügye az 1970-es évek elejére nyugvópontra jutott, nem oldotta meg azonban a származtatott térképek értelmezési problémáit. Az értelmező geofizikus szempontjából ugyanis nem mindegy, hogy egy szűrt térkép maradékanomália-térképnek tekinthető-e, vagy pedig derivált jellegű. A maradékanomália maximuma vagy minimuma ugyanis a ható felett jelentkezik, míg derivált jelleg esetén a térképen jellemzően maximum–minimum párok jelennek meg, melyeknek 0-átmenete a ható peremét jelöli ki. A probléma minden vonatkozására kiterjedő vizsgálatokat *Pintér A.* és *Stomfai R.* végzett (Pintér, Stomfai 1979). Modellvizsgálatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a szűrt térkép maradék vagy derivált jellegének eldöntésére legjobb módszer az anomáliaeloszlás vizsgálata. Meredek eloszlási görbe esetén a térkép derivált jellegű, lapos eloszlás viszont maradék jellegűt jelez.

#### **8.4.5. A medencealjzat mélységének térképezése**

Fiatal medencékben jelentős sűrűségkontraszt általában az üledékes összlet–medencealjzat határon lép fel, továbbá hazai tapasztalatok szerint az üledékekben hirtelen horizontális sűrűségváltozás nem lép fel. Ennek alapján az ELGI gravitációs szakembereinek körében megfogalmazódott az az ötlet, hogy komplex kutatások keretében kíséreljék meg egyes medencék aljzatának gravitációs adatokon alapuló térképezését. Az első próbálkozás a Cserehát kutatásának keretében történt, ahol a fúrési és szeizmikus adatokra mint kényszerértékekre alapozva megszerkesztették a Cserehát gravitációs mélységtérképét (Erkel et al. 1967).

A későbbiekben, elsősorban a Dunántúli-középhegységben folyó bauxit- és kőszénkutatások keretében, azokon a területeken, ahol a medencealjzat mélysége általában nem haladta meg a néhány száz métert, *Pintér* és *Stomfai* kidolgoztak egy számítógépre alkalmazható, komplex mélységszámítási eljárást, az

ún. optimalizációs módszert. Az eljárás lényege, hogy a Bouguer-anomáliák átlag körüli változásainak és a szűrt anomáliáknak célszerűen súlyozott kombinációja alapján határozták meg a medencealjzat lefutását. A súlyozás mikéntjét fúrásokkal feltárt területen vagy szeizmikus szelvények menti vizsgálatokkal határozták meg. A kezdetben kísérleti jelleggel kidolgozott módszer olyan sikeresnek bizonyult, hogy a későbbiekben a kutatás rutinfeladatává vált (Pintér, Stomfai 1974).

1983–84-ben, a MÁFI térképkiadási tervében szereplő, a medencealjzat földtani térképéhez szükséges mélységadatokat a mélyfúrási adatokon kívül geofizikai adatokra támaszkodva kívánta megszerkeszteni (Fülöp, Dank 198?). Az ELGI és a GKV szakembereiből alakult geológus-geofizikus team nekiállt, hogy megszerkessze az egész ország területére a neogén medence aljzatának mélységtérképét. A térkép szerkesztésében az ország különböző geofizikai módszerekkel való felmértsége döntötte el, hogy az egyes részterületeken melyik módszer adatai domináltak. Mivel egyedül a gravitációs adatok fedik le többé-kevésbé egységesen az egész ország területét, mindazokon a területeken, ahol más, mélységmeghatározó módszer (szeizmika, VES) nem állt rendelkezésükre, gravitációs adatokból kellett megszerkeszteni az aljzat mélységtérképét. Első lépésként mélyfúrási adatok felhasználásával több területre meghatározták a  $\Delta g-h$  összefüggéseket ( $h$  – aljzattmélység). A második fázisban a fúrásokból kapott aljzattmélység-adatokat kényszernek véve, az adott területre érvényes  $\Delta g-h$  összefüggés alapján meghatározták a medencealjzat domborzatát. A nagy érdeklődésre való tekintettel a mélységtérképet 1:1 000 000 méretarányban önállóan is publikálták a *Geofizikai Közlemények* mellékleteként (Kilényi, Rumpler 1984).

Menet közben jön meg az étvágy – a térkép elkészültével felvetődött az ötlet, hogy a térképszerkesztést a Kárpát-medence teljes területére ki kellene terjeszteni. Az ötletet tett követte, és így 1985-ben az ELGI és az Geofizika n.p. Bratislava Branch közvetlen együttműködésének keretében megkezdődött a Szlovákia területére már kidolgozott medencealjzat mélységtérképének és a magyarországi mélységtérkép összedolgozása mint a teljes Kárpát-medencére tervezett aljzattérkép első lépése. Ehhez a munkához még ugyanabban az évben az osztrák–magyar tudományos együttműködés keretében csatlakoztak a bécsi Bundesanstalt für Meteorologie und Geodynamik és az ÖMV szakemberei. Ennek eredményeképpen 1990-re elkészült a három ország területére kiterjedően a preausztriai medencealjzat mélységtérképe, 1:500 000 méretarányban (Kilényi et al. 1991). A térkép szép példája az országhatárokon átívelő politika-mentes tudományos együttműködésnek. Sikere mindazoknak, akik az évtize-

dek során munkájukkal hozzájárultak a felhasznált adatok és részeredmények létrejöttéhez.

Sajnos további együttműködést nem sikerült megvalósítani annak ellenére, hogy a szlovéniai, a horvátországi, sőt a kárpát-ukrajnai földtani szervezetekben is találtunk olyan munkatársakat, akik lelkesen csatlakoztak volna a programhoz, de a történelem közbeszólt és a térkép továbbfejlesztéséből nem lett semmi.

#### 8.4.6. Szerkezetkutatás

A Bouguer-anomáliatérképek másodlagos feldolgozásának tárgykörébe sorolhatjuk azokat a törekvéseket, amelyek a Bouguer-anomáliák olyan átalakítását tűzik ki célul, hogy a tektonikai irányok szembetűnőbbek legyenek. Szabó és Páncsics ezt a célt abból a megfontolásból közelítették, hogy a tektonikai vonalak okozta hirtelen horizontális sűrűségváltozást legjobban a horizontális gradiens mutatja ki (Szabó, Páncsics 1999b). Első lépésként a Bouguer-anomáliatérképet 1 km-es négyzethálóra interpolálták, majd minden pontra kiszámították a horizontális gradienst. Ebből az adattömegből egy erre a célra készített számítógépes programmal kiválasztották a lokális gradiens maximumait. A program paramétereit rugalmasan változtathatók a tanulmányozott környezet sugara, a maximum és az átlag különbsége megválasztásával. Mivel a gradiens merőleges a csapásirányra, egy másik programmal előállították a „gravitációs lineamenteket”, amelyek a tektonikát tükrözik. A módszer tetszőlegesen finomítható, és a gyakorlatban igen jól felhasználható pl. a földrengés-kockázat becslése terén (Szabó, Páncsics 1999d). Ezt a munkát folytatta egy OTKA pályázatnak köszönhetően Kiss János (2006). A horizontális gradiens amplitúdójának maximumhelyei alapján készített hatóperem-térképeket, majd az amplitúdó mellett a gradiens irányát is meghatározta, és az amplitúdó nagyságával arányos irányított szakaszokkal ábrázolta a hatóperemeket.

#### 8.4.7. Kéregkutatás

A kéreg vastagságviszonyait nem csak mélyszeizmikus mérésekkel vizsgálhatjuk. Ezt más módon is megtehetjük, mégpedig úgy, hogy az üledékek által okozott „torzító” hatást a Bouguer-anomáliatérképből kiküszöböljük. Az 1990-es évek közepén a teljessé váló gravitációs adatbank, a Pannon-medencére vonatkozó sűrűségvizsgálatok eredményei és a medencealjzat-térkép birtokában megkísé-

relhettük a fiatal medenceüledékek relatíve kis sűrűsége miatt fellépő tömeghiány gravitációs hatásának kiszámítását és korrekcióba vételét. A korrigált térkép már csak a medencealjzatot alkotó kőzetek sűrűségkülönbségének és a kéreg vastagságváltozásainak hatását tükrözi. A korrigált térkép anomáliáinak a kéregkutató szeizmikus szelvények mélységadataival való korrelációja révén gravitációs adatokból megszerkeszthetővé vált a Mohorovičić-felület mélység-térképe. A számítások során feltételezték, hogy a medencealjzat esetleges sűrűséganomáliái a kéreg méreteihez képest lokális kiterjedésűek és a korrelációnál zajként jelentkeznek (Szabó, Páncsics 1999c).

A munka folytatásaként az izosztázia elvéből kiindulva készült egy újabb Moho-térkép, amely mélységében még hordozott pontatlanságot, de jellegében megegyezett a passzív szeizmikus mérésekből levezetett európai Moho-térképpel. Ez a térkép és a Szabó-Páncsics-féle térkép hasonló tendenciákat mutat, noha teljesen eltérő módon készültek.

## Irodalom

- Brezsnyánszky K, Haas J., Kilényi É., Rumpler J. (1986): Magyarország 1:500 000 méretarányú harmadidőszaki képződmények nélküli földtani térképe. MÁFI Évi Jelentése az 1984. évről, 15–21. o.
- Egyed L. (1955): Új módszer az átlagsűrűség meghatározására. Geofizikai Közlemények 4/2, 31–36
- Erkel A., Benderné Kelemen O., Szabó Z., Szilárd J., Hobot J., Király E., Lányi J., Szalay I. (1967): Komplex geofizikai kutatás a Csereháton. ELGI 1965. Évi Jelentése 65–102. o.
- Facsinay L. (1953): A gravimeter mérések korszerű értelmezésének módszerei. Geofizikai Közlemények 2, 95–120
- Facsinay L., Pintér A., Pollhammer M. (1958): A magasabb deriváltak számításának eredményei. Geofizikai Közlemények 7/1, 33–57
- Fülöp J., Dank V. (főszerk.) (1984?): Magyarország 1:500 000 méretarányú harmadidőszaki képződmények nélküli földtani térképe. Magyarország Földtani Atlasza, MÁFI
- Hoffer et al. (1970): Az ELGI 1969. Évi Jelentése
- Kilényi É. (1968): Földtani-geofizikai következtetések az Alföldön térfogatsúlyadatok statisztikus feldolgozásából. Geofizikai Közlemények 17/4, 41–49
- Kilényi É., Rumpler J. (1984): Pre-Tertiary basement relief map of Hungary. Geophysical Transactions 30/4, 425–428
- Kilényi É., Polcz I., Szabó Z. (1989): Neogene volcanism of the Nyír region (NE Hungary) as revealed by integrated interpretation of the latest geophysical data. Geophysical Transactions 35/1–2, 77–99

- Kilényi É., Kröll A., Obernauer D., Šefara J., Steinhauser P., Szabó Z., Wessely G. (1991): Pre-Tertiary basement contour map of the Carpathian Basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. *Geophysical Transactions* 36/1–2, 15–36
- Kiss J. (2006): Magyarország gravitációs lineamenstérképe – első eredmények. *Magyar Geofizika* 47/2, 1001–1010
- Komáromy I. (1967): ÉK-alföldi légimágneses mérések. ELGI 1966. Évi Jelentése 149–155. o.
- Meskó A. (1965): Some notes concerning the frequency analysis for gravity interpretation. *Geophysical Prospecting* 13/3, 475–488
- Meskó A. (1983): A frekvenciatartomány felhasználása gravitációs és mágneses térképek lineáris szűrésében. *Magyar Geofizika* 24/2, 43–76
- Pintér A., Stomfai R. (1974): Kísérlet a Bouguer-anomáliatérképek mélységtérképpé transzformáló helyi matrix kiszámítására. *Magyar Geofizika* 15, 5–6.
- Pintér A., Stomfai R. (1979): Gravitational model calculations. *Geophysical Transactions* 25, 5–29
- Pintér A., Szabó G. (1966): Graviméteres mérések magassági korrekciója. *Geofizikai Közlemények* 15/1–4, 159–179
- Pintér A., Szabó Z. (1961): Gravitációs regionális és maradékanomáliák számításának egyszerű módszere. *Magyar Geofizika* 11/3–4, 165–173
- Posgay K. (1967): A magyarországi földmágneses hatók áttekintő vizsgálata. *Geofizikai Közlemények* 16/4, 5–118
- Schönviszky L., Stomfai R. (1984): Topografikus hatás számítógépes meghatározása. ELGI 1983. Évi Jelentése, 104–107. o.
- Steiner F. (1957): A magassági korrekció koefficiensének meghatározása graviméteres méréseknél. *Geofizikai Közlemények* 6/3–4, 45–52
- Stomfai R. (1971): A gravitációs és mágneses hatószámítás egyértelműségéről. *Geofizikai Közlemények* 20/1–2, 49–59
- Szabó Z. (1977): A talajnedvesség-változás és a talajvízszint-ingadozás hatása a gravitációs mérésekre. *Magyar Geofizika* 18/4, 121–126
- Szabó Z., Pollhammer M. (1983): Gravity measurements to monitor mass redistribution of an oil field. *Proceedings of IAG. Symposion, Hamburg, Ohio State University, Columbus, USA*
- Szabó Z. (1989): Filtered gravity anomaly map of Hungary. *Geophysical Transactions* 35/1–2, 135–142
- Szabó Z. (1990): Filtered gravity anomaly map of Hungary. *Geophysical Transactions* 35/1–2, 135–142
- Szabó Z., Páncsics Z. (1999a): Rock densities in the Pannonian basin – Hungary. *Geophysical Transactions* 42/1–2, 5–27
- Szabó Z., Páncsics Z. (1999b): Bouguer anomaly map of Hungary corrected using variable density. *Geophysical Transactions* 42/1–2, 29–40

- Szabó Z., Páncsics Z. (1999c): Gravity map of Hungary corrected for basin effect. Geophysical Transactions 42/1–2, 41–54
- Szabó Z., Páncsics Z. (1999d): Horizontal gravity gradients and earthquake distribution in Hungary. Geophysical Transactions 42/1–2, 55–65
- Zilahi-Sebess L. (1966): Háromdimenziós tömeg gravitációs hatásának kiszámítása. Geofizikai Közlemények 15/1–4, 149–157
- Zilahi-Sebess L. (1969): Geofizikai adatok gépi ábrázolása. Földtani Kutatás 12/3–4, 72–75





# 9. fejezet

## **Külföldi kutatások**

*György Lajos, Hegedűs Endre, Hobot József<sup>†</sup>, Kakas Kristóf,  
Kónya Albert, Polcz Iván, Ráner Géza<sup>†</sup>, Zsille Antal*

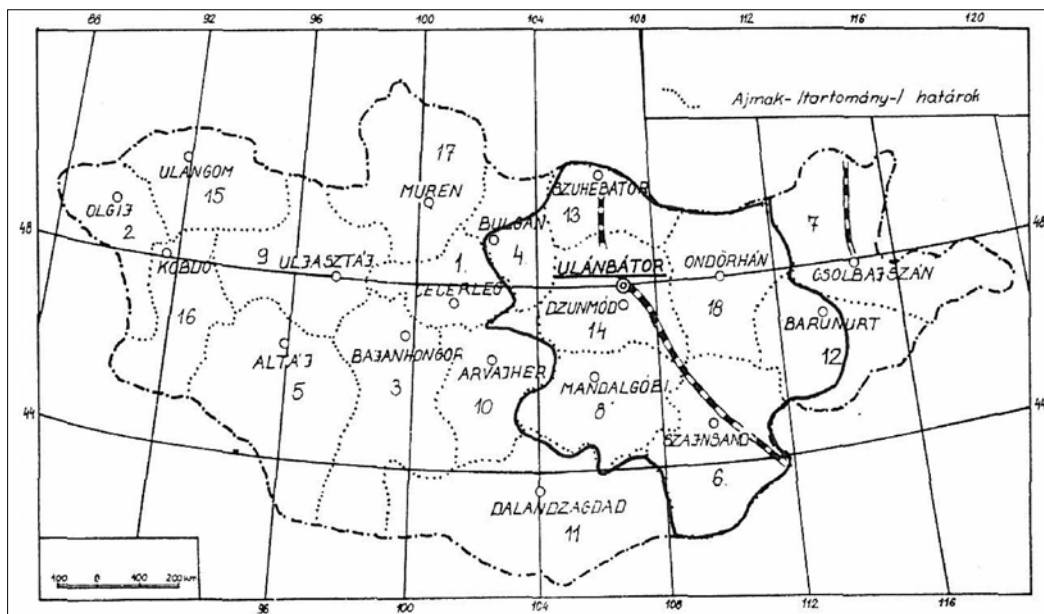
## 9.1. Mongóliai expedíciók

*Zsille Antal, Hobot József<sup>†</sup>*

### 9.1.1. Vízkutató expedíciók

Az ELGI története I. kötetének Függeléke röviden összefoglalja azokat a kutatókat, amelyeket 1957–64 között az ELGI geofizikusai végeztek vízfeltáró fúrások kijelölésében. E kutatások az Oszágos Földtani Kutató és Fúró Vállalat (OFKfV) szakembereivel közös expedíciók keretében történtek geoelektromos, ELGI-ben gyártott műszerekkel, évenként változó számú (3–8 fő) szakértővel.

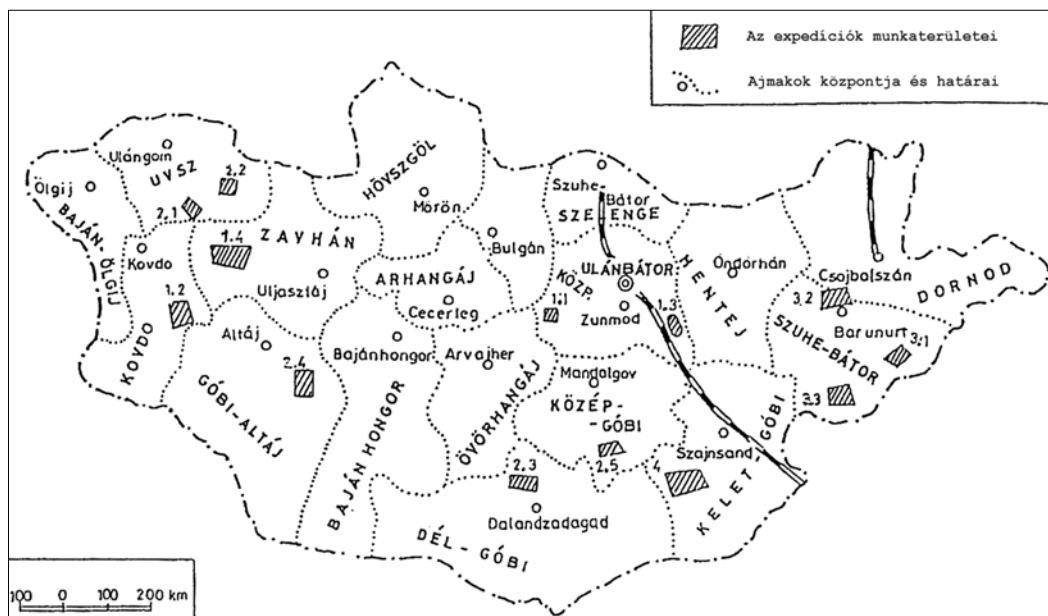
A már 1957-től folyó geofizikai tevékenység (geoelektromos szondázások és karotázsmérések) eredményessége már bizonyította e módszerek alkalmazását a vízkutatás terén, hiszen a korábbi 70%-os eredménytelenség helyett a 60-as évek közepére már csak évi néhány fúrás volt eredménytelen. Többnyire ezek sem voltak meddő fúrások, csak a kapott vízmennyiség nem érte el a megkívánt 30l/perc hozamot, s így azokat nem képezték ki kúttá.



9-1. ábra. Geofizikai expedíciós mukaterület Mongóliában 1967 előtt

Az 1965. évben, az előző évihez hasonlóan, három geofizikus mérnök, három technikus és két karotázsszakember látta el a vízfúrások kitűzését, majd a fúrás után a karotázsméréseket. Három *ajmag* vízkutató vállalatánál tevékenykedtek, úm. a Központi és Szelenga (*Hoffer Egon*), Bulgán, Hubszugul, Cecerleg (*Zsille Antal*) Csojbalszán (*Szalay Mihály*) tartományok területén. A három mérőpáros 107 területet vizsgált meg, többségükben néhány km<sup>2</sup> kiterjedésű hegyközi völgyekben, ezek közül a völgyek üledékszerkezete alapján 101 fúrás helyét tűzték ki, részben a magyar, másrészt az orosz vagy mongol fúrások részére. A magyar fúróbrigádok ebben az évben 38 fúrást mélyítettek, ebből 29 lett termelő kúttá kiképezve.

A hatvanas évek második felétől általában olyan területeken dolgoztunk, ahol az ivóvizet igénylő állatnevelő brigádszállások hegyek közötti völgyekben voltak, ahol a völgytengelyre merőleges VESZ-szelvénnel egyszerűen kimutatható volt az üledék szerkezete. Itt kétréteges modellel, (30–60  $\Omega$ m üledék, 1000  $\Omega$ m körüli aljzat) értelmezhető volt a völgyek felépítése. Ha a völgyeket kitöltő üledékek (homok, murva) vastagsága elérte a 40–50 m-t, s a vízgyűjtő



9-2. ábra. Geofizikai expedíciós munkaterületek Mongóliában 1967–1975 között

terület meghaladta a 10–20 km<sup>2</sup>-t, akkor a szelvény megfelelő pontján ki lehetett tűzni a fúrás helyét.

1966-ban, a nagyobb számú kút létesítése érdekében az expedíció a fúrási-kútépítési szakemberek számát a geofizikusok létszámának terhére módosította. A két mérőpáros (*Zsille Antal* és *Szalay Mihály* vezetésével) 66 területet vizsgált meg és 49 fúráspontra tűzött ki. A karotázsvizsgálatokat az újabbnak számító HL-10 típusú berendezéssel 35 fúrásban *Kremszner Miklós* végezte el.

1967 januárjában, a reggeli órákban egy erős földrengésre rázta meg a mongol fővárost. Ulánbátortól Ny-ra, mintegy 400 km-re egy 7-es magnitúdót erősen megközelítő rengés volt, amelyet a fővárosban is lehetett érezni. Mozogtak a bútorok, a szekrények tetejéről leestek az oda helyezett tárgyak, sőt néhol a közfalak is megrepedtek. Az utcára kellett menekülni, ahol viszont –30 °C körüli hőmérséklet volt.

Ebben az évben a mérési területek többsége a Központi tartományban és Ulánbátor külső területein települt, vízigényes ipari objektumok és a bővítés előtt álló városi vízmű részére voltak tervezve. Két mérőbrigád (*Zsille Antal* és *Andrássy László* vezetésével) dolgozott nádomig, később *Andrássy László* megbetegedése miatt a két csoportot összevonták, a munkát két észlelő és egy értelmező folytatta. 66 területen 638 mélységi szelvényezést végeztek, s a magyar fúróbrigádok részére 44 fúráspontra jelöltek ki.

Az év egyik mulatságos esete a következő volt: a fúrómesterek egy-két esetben meddő fúrást jeleztek, és a fúrási rétegsor durván eltért a megadott várható rétegsortól. Az eltérés okát vizsgálva egy helyszíni szemle során kiderült, hogy a *dargának* (falufőnöknék) nem tetszett az általunk kijelölt fúrás helye, kiásatta a jelünket, (egy vastag facöveket), és ott ásatta el, ahol ő szeretne volna a kutat létesíteni. Itt viszont nem volt víz. Ezért azután cselhez folyamodtunk, s a cövek alá beástuk a földbe az aznap ebédre elfogyasztott magyar konzerv dobozát. Ezzel el voltunk bőven látva, mert minden délben az ott-honról magunkkal hozott máj- vagy vagdalthúskonzervet ettük ebédre. Erről az eltemetett dobozról csak mi és a fúrók tudtunk. A későbbiekben azután a fúrók addig nem voltak hajlandók a berendezéssel felállni, amíg a cövek alól a doboz elő nem került. Néhány darga azután nagyon csodálkozott, hogy a fúrók honnan tudják, hogy a magyar szakértők nem ezt a helyet jelölték ki!?

1968-ban az expedíció fúrási részlegét a Központi ajmag székhelyére, Zun Módba telepítették át, ami kissé megnehezítette a kapcsolattartást a csoportok

és az expedíció vezetése között. Ebben az évben is két mérőpáros (*Kakas Kristóf és Sajti László* vezetésével) dolgozott, 79 területet vizsgáltak be, amelyből 62 fúrás-pontot tűztek ki, a magyar fúróbrigádok 39 területen mélyítettek eredményes fúrást. Karotázsmérés (*Detre László*) 35 fúrásban volt.

1969-ben 3 geoelektromos mérőcsoport (*Dobrovolni Károly és Sajti László* vezetésével, valamint egy mongol csoport) dolgozott. A magyar párosok 71 területet vizsgáltak be, 49 ponton javasoltak fúrást. A magyar fúróbrigádok 48 fúrást mélyítettek, ebből 42-t képeztek ki vízkúttá. A karotázsmérések (*Kovács Zsombor*) – gépkocsi-ellátási nehézségek miatt csak 26 fúrásban voltak.

1970-ben már beszűkült az expedíciós munka, csak egy geofizikus mérnök, (*Dobrovolni Károly*) egy technikus és egy karotázsmérnök (*Kovács Zsombor*) dolgozott a csoportban, hiszen számos, korábban kitűzött fúráspont állt még rendelkezésre. Ebben az évben 41 területen végeztek méréseket, és 34 fúráspontot jelöltek ki. A fúróbrigádok 56 fúrást mélyítettek, amelyből 50 kutat képeztek ki. Az év utolsó, 50. vízáadó kút átadásával minden ünnepséget mellőzve lényegében befejeződött a vízkutató expedíció 14 éves tevékenysége.

Összesítve, az 1957–1970 évek között, tehát 14 éven keresztül a lefolytatott magyar geofizikai fúrás-előkészítés 782 területre terjedt ki, ahol területenként 8–20 VESz mérést végeztek. 572 ponton javasoltak fúrást, amelyekből a magyar fúrások 485 fúrást mélyítettek le, ebből 422 vízáadó kutat képeztek ki.

Az 1964 utáni expedíciókban dolgozó geofizikusok és a velük dolgozó technikusok névsora:

Hoffer Egon 1965	Kremszner Miklós 1966
Zsille Antal 1965, 66, 67	Andrássy László 1967 I. félév
Szalai Mihály 1965, 66	Ferenczy János 1965, 66, 67
Detre László 1965, 68	Ruzicska Jenő 68, 69
Schramek Sándor 1965	Rubinyi András 1969
Kovács Zsombor 1969, 70	Sajti László 1968, 69
Dobrovolni Károly 1969, 70	Kakas Kristóf 1968
Morvay László 1965	Dudás József 1966, 67, 68
Harnos Gyula 1965	

### 9.1.2. Komplex geofizikai kutatások a távlati célú vízfeltárás érdekében

A korábbiakban ismertetett, 3-4 napos, néhány km<sup>2</sup>-re kiterjedő geofizikai vizsgálatok nem voltak elegendőek arra, hogy a területek részletesebb földtani viszonyait és vízföldtani adottságait felderítsék és perspektivitását tisztázzák. Különösen vonatkozott ez a megállapítás a felszíni és felszín alatti, víznyerés szempontjából rossz lehetőségekkel bíró, mintegy 100 000 km<sup>2</sup>-nyi kijelölt területre.

Az ilyen feladatok megoldására *Hobot József* vezetésével 1967-ben egy ötfős komplex geofizikai expedíció kezdte meg kutatásait Mongóliában. Itt geoelektromos, gravitációs, földmágneses módszerekkel vizsgálták a vízföldtanilag prob-

lematikus területeket. A mongol Vízgazdálkodási Tervező Vállalat első lépésben 4 nagyobb, eltérő vízföldtani felépítésű, mintegy 4000 km<sup>2</sup>-nyi területet jelölt ki kutatásra.

Az első Öndürsiret területén, a Központi ajmagban volt. A mérési eredményekből paramétertérképeket szerkesztettek. Az együttes értelmezéssel meghatározták a völgy gránit aljzatát és az üledékösszlet szerkezetét, valamint az elfedett paleozoós metamorfitok és granitoidok kontaktusát. A területen 6 fúrásponthoz javasoltak, a lemélyített kutak 60–180 l/perc vizet adtak.

A következő kutatási terület Nyugat-Mon-



9-3. ábra. *Müller Pál* igazgató (középen) látogatása az expedíciós csoportnál: bal szélén *Bagi Róbert*, a jobb szélén *Király Ernő*

góliában, Kobdó ajmagban, Ceceg szamon térségében volt. Itt egy 2000 m tengerszint feletti magasságban fekvő, lefolyástalan, zárt medencében korábban már 10 fúrást mélyítettek, amelyek közül csak egy volt eredményes. A mérési eredmények komplex kiértékelése után 6 fúráspontra jelölték ki, ezek igazolták a geofizikai értelmezést, miszerint az „árnyékoló” görgeteges réteg alatti homokos-murvás összlet vízáadó. Az új fúrásokban a vízhozam kutanként 100 l/percnél több ivóvizet adott.

Az 1967. évi harmadik terület Bajanzsargalan térségében volt, ahol a több ezer km<sup>2</sup> kiterjedésű „nilgai medence”-ben folytak a komplex kutatások. A nagy vastagságú tengeri (kréta-eocén) üledékekben folyó vízkutatás korábban teljesen eredménytelen volt. A kutatás során geoelektromos mérésekkel meghatározták a medencealjat, az üledékek vastagságát, s annak lencsés szerkezetét. A mérési eredmények együttes értelmezésével kimutatták a kréta-eocén üledékek vastagságát, valamint a fedő bazalttakaró alatti víz perspektíváját. A javasolt pontokon mélyített fúrások viszont alacsony vízhozamú kutakat eredményeztek.

A következő, 1968-as esztendőben tellurikus mérésekkel kiegészítve a Zavhan–Hungij folyók közötti területen folytak a kutatások. A területet É-ről és D-ről is nagy kiterjedésű homokosivatag fogta közre. Vízföldtanilag a térség nagyon kedvezőtlen, amit több, korábban eredménytelen vízfúrás bizonyított. A komplex geofizikai kutatásokat öt, nem összefüggő egységen végezték, mintegy 1600 km<sup>2</sup> kiterjedésű területen. Sok módszertani probléma nehezítette az értelmezést, végül több kísérleti fúrás lemélyítését javasolták, de ezek közül a kutatás időszakában csak egy fúrás adott elfogadható (80 l/perc) mennyiségű ivóvizet.

A következő években bővült a komplex kutatás, 1969-ben a mongol fél kérsére két komplex csoportot állítottak fel, 5-5 fő szakértővel. Az 1. sz. csoport Nyugat-Mongóliában, a sóstavak térségében tevékenykedett Nyitrai Tibor vezetésével.

A dzavhani területen a geofizikai mérésekkel megállapították, hogy a sík felszínű medence középső részén az alaphegység K–Ny csapású gerince csaknem a felszínig emelkedik, így a medencét kettéosztja. A két medencerész üledékes összletének felépítése eltérő. A vízzáró szint É-on a gránit aljzat, D-en az agyag volt. Három területen 2-2 fúrás mélyítésére tettek javaslatot, az eredményt nem ismerjük.

A következő, a cagánhajrhani kutatási terület a Hangáj hegység Ny-i nyúlványán fekvő völgyrendszer volt. A völgyek lejtőin akár 400–500 vastagságban negyedidőszaki kontinentális üledékek voltak találhatóak. A graviméteres mérések

az aljzat mélységváltozása mellett az aljzat kőzetanyagának megismeréséhez is segítséget nyújtott, mivel a gránit sűrűsége kisebb volt a mészkőénél. A területen két fúráspontra jelölték ki, víztárolónak a 60–75  $\Omega$ m-es agyagos-homokos képződményt adták meg.

A 2. sz. kutatócsoport *Király Ernő* vezetésével a Dél-Góbi ajmag vízszegény, félsivatagi területen dolgozott, Mandal-Obó térségében. A részmedencékből álló terület aljzatát paleozoós metamorf kőzetektől a krétaig terjedő magmás, effuzívumokkal átjárt kőzetek alkották. A graviméteres mérésekből leképezték a medencealjzat domborzatát, a VESz-mérésekből pedig a fedő összlet felépítéséről kaptak szemléletes képet. Három hidrogeológiai csoportba sorolták a területet, s ezekre javasolták a kutató fúrásokat.

1970-ben az 1. sz. csoport (*Nyitrai Tibor*) Góbi-Altaj ajmag Csandman és Delger szamonok térségében egy 1800 km<sup>2</sup> kiterjedésű medencében folytatták a kutatásokat. A komplex kiértékeléssel megállapítható volt, hogy az Altaj vonulat közelében az aljzat mélysége az 100–1400 m-t is elérheti. Mongóliában azonban a 250–300 m-nél mélyebb fúrásokból a víztermelés nem gazdaságos, ezért csak a peremi törmelékűkúpok, vagy a homokos-kavicsos rétegek jöhetnek számításba, ahol a vízzáró réteg agyag. A kutatások alapján 11 fúráspontra tettek javaslatot, s a későbbi években a vízfúrások eredményeiről pozitív hírek érkeztek.

Az 1970-es év folyamán a 2. sz. csoport (*Király Ernő*) a Közép-Góbi ajmag Ulzijt szamon térségében folyták a komplex geofizikai kutatásokat, mintegy 1600 km<sup>2</sup> területű medencében, amely két, egymással párhuzamos medencére volt osztható. Az É-i medence VESz-mérésekkel jól volt térképezhető, de a kitöltő üledék vörös anyag (5–7  $\Omega$ m) volt. A D-i medencét a mérések erősen tagoltnak jelezték, a VESz-mérések nem voltak elegendőek az aljzat kimutatására, ezért változó behatolási mélységű ellenállás-szelvényezést alkalmaztak. Az eredmények komplex kiértékelésével kimutatható volt a medence domborzata, valamint a vetők törésrendszerek helyzete. Az eredmények alapján víz szempontjából perspektivikus csak a peremek közelében, az aljzat repedezett zónái voltak. A kitűzött 7 fúrási ponton a későbbi években lemélyített fúrások közepes vízhozamot eredményeztek.

Az 1971. évi mérések Szühebátor ajmag Darigangai bazalt plató 2430 km<sup>2</sup>-nyi területén folytók *Taba Sándor* vezetésével. A kutatási területen felső kréta korú összletek, valamint különböző korú takaró jellegű bazaltok voltak, amelyek párhuzamos hasadékokból származtak. A komplex értelmezés tisztázta a terület vízföldtani perspektíváit, meghatározható volt a bazalt elterjedése, a bazalt fekü-



jét képező kőzetek szerkezete és az alaphegység helyzete is. Fúrást csak kísérleti jelleggel javasoltak, amelyek közül 3 fúrást lemélyítettek, de ezek csak alacsony vízhozamot eredményeztek. A területet meddőnek nyilvánították.

Az 1972. évben *Pleszkáts Tibor* vezetésével Szühebátor ajmag É-i részén, a rögös és erodált felszínű fennsíkon, 2030 km<sup>2</sup> nagyságú területen folytak a kutatások. A terület szerkezetét ÉK–DNY csapású törésrendszerek határozták meg. A mérési eredmények kedvező vízföldtani felépítést jeleztek a medencék peremein és a porfirit-gránit képződmények kibúvásainak köztes völgyeiben, ahol az üledékek vastagsága elérte a 30–80 m-t, és a fajlagos ellenállása 30–60  $\Omega$ m volt. A javasolt 12 fúráspontból a kutatást követően négy fúrást lemélyítettek, ezek mindegyike 250–500 l/perc vízhozamú lett. Meg kell említeni, hogy a komplex kutatások során első ízben alkalmaztak gerjesztett polarizációs méréseket szovjet műszer és szakértő segítségével.

1973-ben ugyancsak Szühebátor ajmagban, annak D-i részén Ongon, Naran szamonok térségében, homokbuckás félsivatagi területen folytak a kutatások, *Dobrovolni Károly* vezetésével. A felderítő jellegű földmágneses és gravitációs mérések után a kedvezőnek ítélt területeken VESz-méréseket végeztek. A feldolgozást segítette három értelmező fúrás, amelyeket az előzetes értékelés alapján mélyítettek. Végül 13 fúráspontot jelöltek ki, amelyekből a későbbi években 7 eredményes kutat létesítettek.

Ezzel az évvel a mongóliai komplex vízkutató geofizikai tevékenységének egy értékes és eredményes szakasza zárult le. A ciklus 7 éve alatt 9 komplex csoport kb. 15000 km<sup>2</sup> területen 115 fúrást javasolt, amelyek többsége ivóvizet biztosított a lakosság, az állattenyésztés vagy az ipari létesítmények számára. A kutatások eredményei mellett, a működés során a csoportokhoz technikusként beosztott mongol fiatalok szakképesítést nyertek, többen közülük a későbbiekben egyetemi képesítést is szereztek. Nem elhanyagolható eredménynek tekinthetjük azt is, hogy ez évig 15–20 geofizikai berendezést, főleg geoelektromos berendezéseket (ELGI gyártmány) vásároltak tőlünk. Különböző, elsősorban mongol belső okok miatt az eddigi formában végzett kutatások nem folytathattak.

1974 elején egy nagyobb volumenű, komplex hidrogeológiai expedíció kapcsolódott be a kutatásokba. Mongólia D-i részén, Cagan-Szuburga térségében egy mongol–szovjet kutatócsoport nagy kiterjedésű réz- és molibdénlelőhelyet fedezett fel, amelynek leműveléséhez, ill. az infrastruktúra megteremtéséhez minimálisan 1 m<sup>3</sup>/s vízmennyiségre lett volna szükség.



9-4. ábra. Gravitációs alappontmérés AN-2 repülőgéppel (1974). Zsille Antal expedícióvezető, a mongol pilóta, más munkatársak és Biró Pál technikus (jobbra a negyedik)

A korábbiakban már dolgozott hidrogeológiai csoport a terület szomszédságában, de a szükséges vízmennyiség töredékét sem prognosztizálták. Felmerült egy 650 km hosszú vízvezetékrendszer ötlete is, amely Észak-Mongóliából hozta volna le a Herlen folyó vizét. Az ötlet képtelensége miatt a Mongol Geológiai Minisztérium úgy határozott, hogy az érclelőhely szomszédságában elterülő „unegetini”, 4500 km<sup>2</sup> kiterjedésű medencében végezzenek komplex vízkutatást, megvizsgálva a víznyerés és feltárás probléma körét. Ennek a problémának a megoldására hozták létre az expedíciót. A komplex expedíció vezetője *Nemesi László*, hidrogeológusa *Bognár Ernő* volt.

A medence a Góbi sivatag középső, agyagos-köves zónájában feküdt, ahol az évi csapadékmennyiség nem éri el a 100 mm-t. A kezdeti problémák után a geofizikai mérések és a geológiai-hidrogeológiai észlelések az év folyamán jól haladtak. Az áttekintő graviméteres és földmágneses, tellurikus mérések mellett a mélységviszonyok meghatározására nagy mélységű geoelektromos szondázást



9-5. ábra. Az expedíció telephelye



9-6. ábra. A geofizika iránt érdeklődő helybeliek

és szeizmikus refrakciós mérést végeztek. Az első év végén a komplex értelmezés alapján megállapítható volt, hogy a medencét jelentős vastagságú terrigén üledékek töltik ki, az aljzatot 600–1500 m mélységben gránit, andezit és bazalt, továbbá üledékes agyagpala alkotja. Számos homokos-kavicsos réteg fordul elő, amelyek leginkább perspektivikusak víznyerés szempontjából.

Az 1975. év technikai, szakemberi szempontokból jóval kedvezőbb volt az előzőnél. A kezdetben végzett gravitációs és tellurikus mérésekkel megállapították, hogy a kutatási területen 11 részmedence van, melyek mélysége 1000 m körül van. A K-i medencékben jelentős vastagságú vulkáni képződmények jelenlétére hívták fel a figyelmet a földmágneses mérések. Több más kísérleti mérés (GP, szeizmikus refrakciós mérés, hidrogeológiai megfigyelések) alapján már kiválasztható volt, hogy melyek azok a közeli, kisebb medencék, amelyekben jelentős vastagságú porózus rétegek települtek. A továbbiakban a kutatások már ezekre a területekre összpontosultak. Geoelektromos szondázásokkal, a szeizmikus szelvények számának növelésével, s ezek értelmezésével néhány kísérleti fúrás mélyült, amelyekből az egyik 300 m-es fúrást kúttá is kiképeztek 1000 l/perc vízhozammal. Ezeket az eredményeket felhasználva már megszerkeszthető volt a perspektivikus vízadó összeletek kiterjedése, mélysége. A munkák befejezéseként 30 fúráspontra tűztek ki, s az előzetes számítások szerint ezekkel biztosítható volt a megkívánt  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  vízmennyiség.

Ezzel a munkával bezárultak a kétoldalú egyezmények alapján szervezett kutatások, E vízkutatások hazai irányításában és szervezésében elévülhetetlen érdemei voltak *Morvay Gusztávnak*, a KFH elnökhelyettesének és *Erkel Andrásnak*, az ELGI főosztályvezetőjének.

Az előzőekben ismertetett komplex geofizikai vízföldtani kutatásokban dolgozó magyar szakemberek az évek sorrendjében a következők voltak:

Hobot József 1967, 68	Reményi György 1967, 68	Simon András 1967, 68
Szunyogh Ferenc 1967, 68	Varga Péter 1967, 68	Nyitrai Tibor.1969, 70
Fejes Imre 1969, 70, 71	Kónya Albert 1969	Polostyák János 1969, 74
Bíró Gábor 1969, 70, 71	Király Ernő 1969, 70	Bagi Róbert 1969, 70
Rezessy Géza 1969	Karcag László 1969	Csetneki Imre 1969, 70, 71
Sajti László 1970	Gonda Károly 1970	Taba Sándor 1970, 71
Mészáros József 1970	Pleszkáts Tibor 1971, 72	Csapó István 1971, 74, 75

Dudás József 1972, 73	Bíró Pál 1972, 73, 74	Horváth Ferenc 1972, 73
Duschek Vilmos 1972, 73	Dobrovolni Károly vez.1973, 74	Nemesi László 1974, 75, 76
Szentirmai László 1974	Majkuth Tamás 1974, 75, 76	Bognár Ernő 1975, 76
Tóth Csaba 1975, 76	Pető István 1975, 76	Sédy Loránd 1975
Pálmai József 1974	Báthori István 1974, 75	Grimm Lajos 1974, 75
Forró Nándor 1974, 75	Pálfalvi Károly 1974, 75	Gereben Ferenc 1974, 75
Lemák János 1974	Krokovetz András 1974, 75	Péhm József 1975
	Bakó József 1975	

### 9.1.3. Geofizikai mérések a földtani térképezés kiegészítésére

A magyar–mongol kormányközi megállapodás alapján a Kelet-Mongóliai fennsík 1:200 000 léptékű földtani felvétele céljából 1966-ban közös expedíció indult olyan területek kutatására, amelyek különböző ásványi nyersanyagok előfordulása szempontjából kevéssé vagy egyáltalán nem voltak megkutatva. A földtani térképezést a Mongóliában érvényes előírások szerint végezték, amely előírások meghatározták a földtani térképezés kiegészítésére végzendő geofizikai módszereket, s azok mennyiségét. Az 1965-ben megkötött külkereskedelmi szerződést, amely a tervek szerint 3 évre vonatkozott, a KFH megbízásából a Magyar Állami Földtani Intézet írta alá. A szerződés közel 17 000 km<sup>2</sup> térképezésére vonatkozott. A kutatandó terület Kelet-Mongóliában, az Ulánbátortól mintegy 600 km-re K-re fekvő Szühebátor-Baron Urt-Öndörhán városok által körülhatárolt terep volt. A síkság morfológiailag a 900–1200 m tengerszint feletti magasságú magas fennsíkhhoz tartozott. A földtani szakirodalom szerint a terület a csendes-óceáni ón-wolfram-molibdén érces övezetbe tartozik.

A geofizikai tevékenység a helyi előírások szerint elsősorban geoelektromos és földmágneses mérésekből állt. A méréseket lefedett szerkezetek, üledékvastagság meghatározására, regionális hidrogeológiai térképezésre, mélyszinti víztárolók vizsgálatára, a földmágneses méréseket haszonanyag felderítésére, effuzív összletek vizsgálatára végezték. A térképezendő terület kb. 35–40%-a kréta és fiatalabb üledékekkel kitöltött medence volt. Ezen a jelentős nagyságú területen a ritkított menetvonalú geológiai bejárás mellett a térképezést teljes egészében felszíni geoelektromos mérésekkel egészítették ki.

A geofizikai mérési eredmények értelmezése segítséget nyújtott a medencék lehatárolására, az eltemetett szerkezetek kimutatására, az üledékvastagság és összetétel meghatározására. Hidrogeológiai szempontból jelezték a mélyszinti víztároló és víznyerési lehetőségeket. Torlatos nyersanyag-előfordulás kutatásánál sekélyszerkezeti és üledékvastagsági adatokat szolgáltatottak. Szkarnos területeken a mágneses mérések segítettek az effuzív összletek tagolásában.

A 3 évre tervezett térképezést nem lehetett időben lezárni a terepi mérések elhúzódnása miatt, így a munkák 1969-re is áthúzódtak. A mongol fél kérésére a területet további 720 km<sup>2</sup>-el kellett kiegészíteni, így végül a 17.575 km<sup>2</sup> terület jelentése csak 1970-ben készült el.

Az expedíció geofizikai munkáiban 1966-67-ben *Karas Gyula* geofizikus vezetésével, 1966–70-ben *Balla Zoltánné* geofizikus, 1968–70-ben *Fábiáncsics László* geofizikus, 1966-ban *Harnos László* geofizikus technikus, 1967–69-ben *Schramek Sándor* geofizikus technikus vett részt.

1970. évben kezdte meg munkáját a II. számú Földtani Térképező Expedíció. A kutatási terület ismét Kelet-Mongóliában, az előző expedíció területéhez csatlakozó 2218 km<sup>2</sup> volt. A kiegészítő geofizikai méréseket ebben az évben egy újonnan szervezett Magyar–Mongol Komplex Geofizikai Expedíció végezte *Zsille Antal* vezetésével, egyéb kutatási feladataik ellátása mellett. Az előző évhez hasonlóan a terület túlnyomó részét, mintegy 1600 km<sup>2</sup>-t medence töltött ki. A kutatási módszerek kiegészültek a gravitációs, a természetes gamma-sugárzás- és a kísérleti jellegű szeizmikus refrakciós mérésekkel is.

A korábbi adatok szerint Kelet-Mongóliában a medencék mélysége nem haladta meg a 700 m-t. A mérési területen végzett geofizikai mérések komplex értelmezése új eredményként azt mutatta, hogy a kréta medencealjzat mélysége elérheti a 3000 m-t is. A térképezendő terület más részein a VESz és  $\Delta Z$  mérések segítségével a rossz feltártságú területeken az egyes képződmények horizontális és vertikális elterjedésének pontosításához nyújtottak segítséget. A geofizikai kutatás résztvevői: *Zsille Antal* geofizikus mérnök, csoportvezető, *Szalay István* és *Draskovits Pál* geofizikusok, *Csapó Géza* geodéta, *Dér István* geológus, *Báthori István*, *Ferenczy János*, *Kőszegváry András* geofizikus technikus és *Major Imre* szerelő voltak.

1971 januárjában megállapodás született az eddigi években folyó Mongol–Magyar Földtani Térképező Expedíciók folytatására az 1971–1975 években, mintegy 16000 km<sup>2</sup>-nyi területen. A III. sz. Expedíció számára a kutatási terület nagyságát 8436 km<sup>2</sup>-ben határozták meg, csatlakozva az eddigi térképezett terü-

lethez. A csoport kiegészült egy-egy geofizikus mérnökkel, ill. technikussal, akik geoelektromos és földmágneses méréseket végeztek.

A VESz-mérések a rosszul feltárt üledékes összletekkel borított depressziók, medencék tanulmányozásánál nyújtottak segítséget. Az eredményeket alkalmazták a térképező fúrási pontok kitűzésénél is. A mágneses szelvényeket a bázikus, intermedier eruptívumok horizontális határainak pontosítására használták. A munkákról szóló jelentést 1973-ban adták le.

A geofizikai munkákat 1971-ben *Sajtil László* fizikus, 1972-ben *Virág Péter* geofizikus, 1971–72-ben *Csetneki Imre* geofizikus technikus végezték.

A IV. sz. Térképező Expedíció 1973 és 1974 folyamán 8517 km<sup>2</sup>-t térképezett, csatlakozva az eddig felvett területekhez. A geofizikai részleg az eddigi gyakorlatnak megfelelően geoelektromos és földmágneses méréseket végzett. A VESz-mérésekkel főleg az üledékes medencék mélységének és felépítésének meghatározását, emellett az érces előfordulások részletező vizsgálatát is végezték. A fajlagos ellenállás alapján mód nyílt a kőzetek kor szerinti elkülönítésére is. A földmágneses méréseket az ércesedési zónákban végezték. A zárójelentést 1975 végén védte meg az expedíció vezetője.

A geofizikai munkákat 1973–74–75-ben *Szarka Rudolf* geofizikus, 1973–74-ben *Pentelényi Antal* geofizikus technikus végezte.

Összefoglalva az 1966–1975 közötti eredményeket, elkészült 37000 km<sup>2</sup> 1:200000 méretarányú, geofizikával kiegészített földtani térkép. Nagyszámú ércindikáció és néhány nyersanyag-lelőhely vált ismertté, s a geofizikai komplex kutatások eredményeként megtudhattuk, hogy a medencéket akár 3000 m-es üledék is kitöltheti.

#### 9.1.4. Ércindikációs revíziós kutatások

A két ország illetékes szakmai szervei 1969 folyamán megállapodtak, hogy az Aren-Nur-i molibdén indikáción és a Baga Gazrin-i ónércesedés területén folyó – a magyar fél által végzett – geológiai munkákat kibővítik a szükséges geofizikai komplex vizsgálatokkal. Az e célra szervezett Mongol–Magyar Komplex Geofizikai Csoport feladata volt még a II. sz. Földtani Térképező Expedíció

részére végzendő előírt geofizikai kiegészítő mérések elvégzése is (lásd. 9.1.2. pont, 1970. év).

Az Aren-Nur-i molibdénérc-indikáción 1965 óta folytak földtani kutatások. Kísérleti jellegű geoelektromos-ellenállás- és gerjesztett polarizációs méréseket először 1969-ben szovjet kutatók végeztek, akik megállapították, hogy a greizen test, amelyhez az ércesedés kötődik, mind fajlagos ellenállásuk, mind gerjeszthetőségük szempontjából elkülöníthetők környezetüktől.

Az első esztendőben, 1970 folyamán a szerkezeti-tektonikai kutatásokat *Zsille Antal* vezetésével gerjesztett polarizációs szelvényezéssel és szondázással, ellenállás-szelvényezéssel és -szondázással, földmágneses  $\Delta Z$  és  $\Delta H$  méréssel, radiométeres, graviméteres, természetespotenciál-, valamint szeizmikus refrakciós méréssel végezték. A méréseket az ún. központi greizen test, valamint az ettől ÉNy-ra elhelyezkedő másodlagos kőzetelváltozások környékén folytatták. A komplex értelmezés szerint mindkét területen a földtani felvételt jól kiegészítő hasznos eredmények születtek. A granitoid környezetben levő greizen testet a komplex mérések jól körülhatárolták, következtetni lehetett a felszín alatti elterjedésére, a másodlagos elváltozások csapására, az ércesedés főbb vonalaira. A gerjesztett polarizációs méréseknél különböző elektródaelrendezések segítségével adatokat kaptak az ércesedés mélységéről, szélességéről, dőléséről és mélységi kiterjedéséről.

Az expedíció tagjai 1970-ben: *Zsille Antal* geofizikusmérnök, expedícióvezető, *Mészáros József* villamosmérnök, *Szalay István* és *Draskovits Pál* geofizikus, *Csapó Géza* geodéta, *Dér István* geológus, *Báthori István*, *Ferenczy János* és *Kőszegváry András* geofizikus technikus, *Major Imre* szerelő.

Az 1971-es év folyamán folytatódtak a kutatások az Aren-Nur-i ÉNy-i területen, az előző évben kimutatott földmágneses és gravitációs anomáliák lezárása érdekében. A hálózatban végzett földmágneses, gravitációs, természetespotenciál- és gerjesztett polarizációs mérések szemléltetően ábrázolták a tektonikai vonalak csapásait, töréseit, kijelölték az elváltozott, elbontott zónákat. Az uralkodó tektonikai ÉNy–DK csapásirányt kijelölték.

A Baga-Gazrin Csulu területén egy korábban ismert ónindikáción 1968-tól egy mongol–magyar csoport végzett felderítő kutatásokat. Szovjet geofizikusok geoelektromos és gravitációs méréseket folytattak 1969-ben kísérleti jelleggel. A gránit intrúzió és a permi képződmények közötti szerkezeti határok kimutat-



hatók voltak, ezért a csoport 1970. évi feladata az érces környezet szerkezetének tisztázása volt, elsősorban a gránit aljzat követése a permi homokkő összlet alatt. A 3 szelvényben végzett gravitációs és geoelektromos módszerek a területet felépítő képződmények elhelyezkedésére, mélységére értékes adatokat adtak, de nem sikerült kimutatni egy elérhető mélységű, könnyen kutatható újabb gránitos, greizenesedett tömeget.

A csoport összetétele 1971-ben: *Zsille Antal* geofizikus mérnök, csoportvezető, *Balla Zoltán* és *Elsholtz László* geológus, *Mészáros József* villamosmérnök, *Novák Győző* vegyészmérnök, *Báthori István*, *Lipher Imre* és *Haász József* geofizikus technikus, *Pethő István* szakács.

Kormányközi egyezmény alapján 1971-től egy, a Komplex Geofizikai Csoportra épülő, de geológusokkal, vegyészekkel, majd bányászokkal is kibővített Revíziós Csoport működött, melynek feladata a magyar földtani térképezők által kimutatott ércindikációk értékelő célú kutatása volt. A késedelmes külkereskedelmi szerződés miatt a terepi munkák csak későn kezdődtek. A geofizikai kutatások 3 indikáció területen folytak, 25×25 m-es hálózatban. A mérések eredményei segítették a területet felépítő kőzetek horizontális és vertikális elterjedésének megállapítását, az érces objektum méretének meghatározását. A geológiai eredmények alapján mindhárom indikáció ipari szempontból jelentéktelennek bizonyult.

Az 1972. évben, a korábbi évben kidolgozott kutatási módszereket alkalmazták, tekintve, hogy a korábbi, erre a célra kidolgozott módszer Kelet-Mongóliában nem volt. Megállapították, hogy az ásványosodástípus nem kvarctelérés és greizenes wolframércesedés, hanem ólom-cink-ezüst-, réz-molibdén- és ón-ércesedés. 1971–72 folyamán a csoport mintegy 100 indikációt vizsgált meg, ezek közül 6 indikáción végeztek részletes, komplex (földtani-geofizikai-geokémiai) értékelést. A komplex értelmezés az indikációk értékelésében komoly módszertani eredményeket adott. Négy terület negatív eredménnyel zárult, a másik két előforduláson további kutatómunkákat javasoltak. A munkákat nagymértékben hátráltatta az ellenőrző fúrások kis mennyisége, így kevés lehetőséget adott az eredményes kutatási módszer kidolgozására.

A személyi összetétel 1972-ben: *Balla Zoltán* geológus, csoportvezető, *Draskovits Pál* és *Albu István* geofizikus, *Lovassy Sándor* és *Mészáros József* villamosmérnök, *Szabó Dénes*, *Szentirmay László* geológus, *Bernáth Jenő* vegyészmérnök, *Csathó Béla* geológus techni-

kus, *Haász József, Illés György, Lipher Imre és Marton Emil* geofizikus technikus, *Bazsó János* szerelő.

1973 folyamán ismét az ércindikációk értékelő célú kutatása volt a feladat. A munkák többsége a Dzan Sire, már korábban is ismert ólom- és cinkanomáliák területének lehatárolására történtek. A kutatások során szeizmikus refrakciós módszert, VESz ellenállásméréseket, PS-, GP-szelvényezés, GP-szondázás, graviméteres, földmágneses és radiometria méréseket végeztek. A mérésekkel az anomáliákat nem sikerült lezárni, ezért a munkák folytatására tettek javaslatot. Méréseket végeztek még a VIII. számú Mo-, Cu-indikáción is.

A csoport személyi állománya 1973-ban: *Balla Zoltán* geológus, csoportvezető, *Draskovits Pál* geofizikus, főmérnök, *Szabó Dénes, Tóth István, Wavrik Péter és Szolágyi Tibor* geológus, *Albu István* geofizikus, *Lovassy Sándor* villamosmérnök, *Bernáth Jenő és Dombi András* vegyészmérnök, *Csathó Béla* geológus technikus, *Illés György, Marton Emil, Polostyák János és Haász József* geofizikus technikus, *Darvas Imre és Lemák János* szerelő, *Weidemann Konrád* szakács.

A revíziós felderítőmunkák 1974. év folyamán a Dzan Sire mellett néhány nagyméretű ércásványos előforduláson folytak. A Dzan Siren a geofizikai kutatásokat nagymértékben nehezítette, hogy az előfordulás egy meredek oldalfalú, 2-3 méteres görgeteggel lefedett hegy volt. A hagyományos térképezési módszerek, a fúrás, gépi árkolás, sőt a geoelektromos kutatások végrehajtása is reménytelen feladatot jelentettek. A földmágneses, radiometrikus és indukciós mérésekkel a gránit alaphegység, lehatárolásához, a riolit elterjedési területének meghatározásához járultak hozzá. A komplex értékelés csak a földtani kutatások folytatását indokolta.

Az ún. VIII. sz. molibdén-, ólom- és rézanomáliás terület egy 3 km × 1 km nagyságú, erősen fedett előfordulás volt. Ezen valamennyi rendelkezésre álló geofizikai módszert alkalmazták. A diorit test elterjedése, a paleozoós gránit határa nagyon jól meghatározható volt. A GP-mérések az előző évi terület Ny-i folytatásában nagyobb anomáliákat jeleztek, a felderítésére telepített fúrások jelentős piritesedést tártak fel. Az elvégzett szeizmikus mérések az alaphegység-morfológia, valamint szerkezetének kimutatására folytak, feladatukat jól teljesítették. Az év végén további kutatásokra tettek javaslatot.

A XII. sz. terület egy hidrotermálisan bontott sáv volt, ahol polimetallikus ónércesedést jeleztek. Az elvégzett komplex munkák az ércesedést igazolták, lehetővé tették a fúrásos és árkolási munkák megtervezését.

A XI. sz. terület szintén hidrotermálisan bontott molibdén-, ólom-, cink-ércesedés volt. Egy nagyméretű vulkáni kürtő szegélyén elhelyezkedő anomáliás zóna méretének felderítése volt a cél. A nagy lefedettség miatt az összes geofizikai módszerrel elvégezték a kutatásokat, végül a terület további kutatását javasolták.

A csoport összetétele 1974 folyamán a következő volt: *Kassai Miklós* geológus, csoportvezető, *Király Ernő* geofizikus, *Balla Zoltán*, *Bodrogi Ilona*, *Wavrik Péter* és *Tóth István* geológus, *Baranyi István* geofizikus, *Illés György* és *Marton Emil* geofizikus technikus, *Czövek Károly* geodéta technikus és *V. Kovács János* szerelő.

Az 1975-ös évben is folytatták a XI. sz. területen folyó méréseket. A kutatás komplex értelmezése szerint az ércesedés települési mélysége 200–300m, ezért a további felderítés már fúrásokat igényelne. A jelentős ráfordítás igénye miatt a kutatásokat megszakították. A XIII. sz. területen az elvégzett földmágneses, radiometriai gerjesztettpotenciál- és indukciós mérések a kürtő környezetének gránitjában 1,5 km hosszan, 400 m szélességben 4–7%-os GP-anomáliát jeleztek, ami feltehetően egy berezites ércesedéssel kapcsolatos. Az előfordulás értékelését nem sikerült lezárni.

Az 1975 folyamán résztvevő csoporttagok: *Tóth István* geológus, csoportvezető, *Balla Zoltán* és *Wavrik Péter* geológus, *Király Ernő* geofizikus, *Telegdi Lajos* főfúrómester, *Kovács János* fúrómester, *Bartos Márton* bányamester.

A felderítő-értékelő munkák ezzel befejeződtek. A hat év alatt kidolgozták és alkalmazták a sztyeppvidék kutatását, érc-előfordulási metodikáját, a földtani-geofizikai-geokémiai módszerek együttes alkalmazását egy komplex csoport keretében. Összesen 155 indikációt értékelték, ugyanakkor ipari lelőhely kimutatására nem került sor. A továbbiakban szakértőink a meginduló Nemzetközi Földtani Expedíció munkájában vettek részt.

### 9.1.5. Nemzetközi Földtani Expedíció

A mongol fél már 1972-től szorgalmazta, hogy a földtani térképezést és az ásványi nyersanyagok kutatását, egy új szervezetben, egy közös nemzetközi expedíció keretében szervezzék. A hosszas tárgyalások eredményeként 1975. június 5-én egyezményt írtak alá a KGST államok a Nemzetközi Földtani Expedíció

létrehozására, melynek feladata Mongólia földtani ismertségének növelése, a hasznos ásványi nyersanyagok felderítő-részletező kutatása, földtani, geofizikai és gazdasági értékelése. Az egyezményben megfogalmazták a működés alapelveit, a tevékenység formáit, a területet, a költségek megosztását és egyéb formai kérdéseket. A kutatásokat végző szakértők és a műszerek, felszerelések és anyagok szállítására kétoldalú szerződések megkötését hagyták jóvá. A tárgyalásokon *Morvai Gusztávnak*, a KFH elnökhelyettesének vezetésével *Gelei Gábor*, a KFH osztályvezetője, *Erkel András*, az ELGI főosztályvezetője, *Balla Zoltán*, az ELGI főgeológusa és *Hobot József*, az ELGI osztályvezetője vettek részt.

Az egyezmény aláírása után a KFH az ELGI-t bízta meg a kutatások megszervezésére, a szakértők kijelölésére, a geofizikai és laborműszerek, valamint az anyagszállítás megszervezésére. Az ELGI részéről ezeket az évenként kötendő külkereskedelmi szerződéseket, a tevékenység hazai szervezését, az 1975–1990-es évek közötti teljes időszakában *Zsille Antal* végezte.

Az egyezmény alapján az expedíció legmagasabb döntéshozó szerve a Meghatalmazottak Tanácsa volt, amelyben a részt vevő országok egy-egy szakértője vett részt. Magyar részről *Gelei Gábor* 1976–82 között, *B. Nagy József* 1982–1988 között, majd *Csongrádi Jenő* 1988–90 között látta el ezt a feladatot. Az expedíció vezetője *J. Bjamba* mongol geológus volt (1976–80 között), tevékenységét az Apparátus segítette, melybe a részt vevő országok küldtek részlegvezetőket. A magyar fél *Hobot Józsefet* delegálta, aki az expedíció főgeofizikusa volt az első időszakban. Utána *Simon András* 1977–78 között, *Pleszkáts Tibor* 1979–1980 között töltötte be ezt a státuszt.

Az NFE első évében két magyar terepi csoport indult, egy Földtani Térképező és egy Regionális Geofizikai Csoport, melynek feladata az expedíció összes geofizikai tevékenységének elvégzése volt. 1983-ig ezek a csoportok önállóan működtek, majd később a két csoportot összevonták, s a továbbiakban Komplex Földtani-Geofizikai Csoport néven dolgozott.

A terepi munkák időbeni megindítását elsősorban a magyar fél rugalmas és gyors szállítási tettei lehetővé tették. A kiszállított terepjáró gépkocsik, a geofizikai műszerek, a laborberendezések és egyéb anyagok, köztük a létfontosságú olajkályhák nélkül a terepi munkákat nem lehetett volna megkezdeni. A csoportok tábori körülményeit a korábbi évek tapasztalatai alapján sikerült komfortossá tenni: a táborban volt egy-egy vagon konyha-étkező, iroda, fürdő céljára, egy-egy család, vagy 2 szakértő külön jurtát kapott, volt ivóvizet szállító tartálykocsi, az áramellátást ellátó 70 kW-os generátor látta el. Voltak hűtőszekrények, mosó-

gépek, centrifugák, elektromos tűzhelyek. Nem kis gondot jelentett a kikerkező szakértők és családtagjaik elhelyezése. Az expedíció költségvetésében szerepelt egy iroda- és egy lakóépület felépítése is az évek folyamán, melyeket végül 1979-ben lehetett elfoglalni.

A Geofizikai Csoport feladata *Simon András* vezetésével regionális térképezés és részletező mérések végzése volt. A regionális térképezés az előírások szerint mintegy 34 000 km<sup>2</sup> nagyságú területen gravitációs felvételét írt elő. Alaphálózat hiányában szükségessé vált ennek létesítése, melynek előkészítésére még 1975 őszén *Zsille Antal* és *Csapó Géza* helyszíni bejárást és előzetes g méréseket végzett. Az alaphálózat mérését 1976 tavaszán ugyancsak ők végezték el, 24 elsőrendű, egymástól 35–45 km távolságra levő ponton, repülőgépes szállítással. 1978 folyamán szükségessé vált az alaphálózat 11 pontos kiegészítése, amelynek mérését ugyancsak repülőgépes szállítással *Zsille Antal* és *Bíró Pál* végezte. A számítógépes feldolgozást az ELGI-ben *Pollhammer Manóné* irányításával készítették el.

A gravitációs méréseket a 200 000 méretaránynak megfelelő sűrűséggel és a szeizmikus szelvények mentén végezték. Az átlagos pontsűrűség 0,255 pont/km<sup>2</sup>, a  $\Delta g$  értékek négyzetes középhibája 150  $\mu$ Gal volt.

A regionális geofizikai térképezésen belül geoelektromos szondázásokat is alkalmaztak,  $AB_{\max} = 2000\text{--}4000$  m terítés hosszig, a sekélyebb medencéket kitöltő üledékösszlet, valamint a medencealjzat megismerésére. A méréseket a magyar fél által szállított DIAPIR és GESKA típusú műszerekkel végezték. A komplex földtani értelmezés érdekében szelvényeket telepítettek a szeizmikus refrakciós vonalakra a medencék hossz tengelyében vagy arra merőlegesen, egészen a peremi kibúvásokig. A medencékben 0,08 pont/km<sup>2</sup> volt a pontsűrűség, míg a szelvényeken 1,5 km.

A szeizmikus refrakciós méréseket az üledékekkel fedett medencékben, az aljzat mélységének, a szerkezeti felépítés tisztázására, valamint a gravitációs anomáliák és földtani megfontolások alapján telepítették. A méréseket ELGI-ből rendelt PIONIR III. berendezéssel, felszíni robbantásokkal végezték, információkat kb. 1000 m-es mélységig kaptak.

A regionális kutatás eredményeiben a megszerkesztett Bouguer-anomália-térkép egy Ény–DK-i csapású és arra merőleges nagyszerkezeti vonalakkal tagolt, 50×80 km<sup>2</sup>-es blokkokat jelzett. A Bouguer-anomáliák szintje e blokkok között jelentősen váltakozott. A gyakran felszínre is kerülő paleozoós gránit aljzat elterjedése gyakoribb volt, míg a fedett területeken az aljzat protezoós, paleozoós

metemorf kőzetekből állt. Az aljzat mélysége különböző, mélyedéseit kisebb sűrűségű mezozoós, szárazföldi üledékek töltik ki. Ezeken a helyeken a térkép-ből a medencék aljzatának domborzatára lehetett következtetni. A medencék többségénél a fedő összletben vulkáni képződmények is előfordulnak, mivel ezek sűrűsége hasonló az aljzatéval, itt csak geoelektromos vagy szeizmikus adatok adtak információt. A vertikális szondázások, a szeizmikus és gravitációs eredmények alapján elkészült a nagy ellenállású szint mélységtérképe és a vezérréteg ellenállásának térképe. A medencék mélységviszonyait kb. 500 m-es mélységig lehetett megadni. Ahol a nagy ellenállású szint nem a paleozós aljzat felszíne, hanem a vulkánitok felszíne volt, ott az aljzat mélységét csak a szeizmikus mérések adták meg. Ezek eredményei szerint a medencealjzat paleozoós képződményei 4000–5000 m/s, míg a medencéket kitöltő lazább, tufitos összlet 2000–2800 m/s határsebességűek. Több földtani-geofizikai komplex szelvény is készült, max. 1000 m mélységig.

A kutatás eredményei a nagyszerkezeti viszonyokra vonatkozóan sokoldalúan hasznosítható információt adtak az ivóvíz, ipari víz, termálvíz kutatása, esetleg szénhidrogén-kutatás számára, a hegyvidéki területeken pedig az ércesedés szempontjából érdekes intrúziók, az érchordozó szerkezetek felderítése szempontjából.

Az első években a részletező geofizikai munkákat a már ismert indikációkon, a geofizikai kutatások során megismert érdekes szerkezeteken és az 1:50000-es földtani térképezés során talált indikációkon végeztek. Az 1:50000, valamint 1:10000-es méretarányú méréseket geoelektromos szondázás, szelvényezés, gerjesztettpotenciál-, földmágneses, gravitációs, szeizmikus, radiometrikus módszerekkel végezték. A cél az indikációk méreteinek, szerkezeti viszonyainak felderítése volt a földtani felvételezés kiegészítéseként.

A részletező méréseket több indikáción végezték, így a Bain-Han ritkafémes, Huhu-Csulu gerjeszthető testek, Batu Norbo és Csesz-Bulák grafitos, Baján-Uzirhe magnetites, Subutu szulfidos, Ihe-Mobutu polimetallikus indikáció területén. A kutatások jelentős eredménye volt az öndörögani érclelőhely felfedezése. A devon homokkőves-palás összletbe benyomult gránit intrúzió ritkafémes képződményt hozott létre. A geofizikai mérések nagyobb méretű előfordulásra utaltak.

1978-tól *Madarasi András* vezetésével folytatódtak az Öndörögán területén a kutatások, továbbá részletező méréseket kezdtek a Hoir Zotlig, Bain Hán, Szerveni kvarc-fluorit, Tugulgutuj-Nurui szulfidos és a Gesegnei szulfid-

dos indikációk környezetében, Az Öndörögán területén a magyar Földtani Kutatócsoport 1:10000 méretarányban feltérképezte a mintegy 7 km<sup>2</sup>-nyi gyűrt szerkezetű területet. A geofizikai mérések jelentős mágneses anomáliákat jeleztek a gabbró-diabáz hatón, és GP-anomáliákat a wolframitos, szulfidos ércesedés területén. A Gesegne, a Tugulgutu-Nuru, a Bain-Hán környéki mérések nem igazolták hasznosítható nyersanyag jelenlétét. A Szerven-területén a mágneses mérések pontosan jelezték a dykokat negatív anomáliákkal, míg az ellenállás-szelvényezésben minimális ellenállásértékekkel jelentkeztek. A szeizmikus mérések nem vezettek eredményre, mivel a gránitok és az vulkanitos kőzetek sebessége megközelítően azonos volt.

1979-ben *Taba Sándor* vezetésével az Öndörögáni és Tugulgutu-Nurui mérések folytatódtak, míg újabb területeken, mint a Zulgeti ritkafém-, Hulin-Holboi fluorit-, Gotorobó, Ohasi szulfidos indikációkon voltak részletező mérések. Az Öndörögán területén a földtani térképezés, a geokémiai mintavételezés, 19 kutatófúrás, valamint az árkolások megállapították, hogy a wolfram-molibdén-berill ércelőfordulás egy stockszerű test, amely változó vastagságú kvarc telérrel kapcsolatos. Az ércelőfordulás központi, mintegy 1000 × 400–500 m-es részét ítélték fontosnak, itt 200 m-es produktív részen a wolfram-oxid-tartalom 0,117–0,83% között volt. Az ércesedés a mélységgel növekedett. A mágneses mérések magnetitet, piritet, kalkopiritet tartalmazó palákat és gabbroidokat mutatott ki. A GP-anomáliák nem kapcsolódtak a wolframércesedéshez, bár a lecsengési görbék hintett eres ércesedést jeleztek. Zulget területén ritkafém-előfordulást, jelentős szulfidos ércesedéssel jeleztek a geokémiai anomáliák. Jelentős, 12–16%-os GP-anomáliákat mértek egy fúrással feltárt szulfidos ércesedés közelében. A területen egy gravitációs minimum helyezkedett el. A Hulin-Holboi fluorit-előforduláson a mágneses, szimmetrikus ellenállás-szelvényezés és vertikális elektromos szondázások eredményei jól követték mintegy 1500 m hosszúságban a hidrotermális zónát, bár a fedő összlet 5 m-ről 40 m-re növekedett. A mérések eredményei egy újabb, a fő zónával párhuzamos fluoritos ásványosodásra hívták fel a figyelmet. A további kutatási területeken végzett részletező GP- és ellenállásmérések nem jeleztek szulfidos ércesedést.

1980 folyamán folytatódott az Öndörögán területén a kutatás a stockwerk lehatárolására. A GP-szondázásoknál a hosszú lecsengési görbék nem adtak egyértelmű feleletet az ércesedés mélybeli kiterjedésére és jellegére. A Hulin-holboi fluoritlőhely 4 km<sup>2</sup>-nyi területén 600 000 tonna érc volt, 400 000 tonna fluorit-tartalommal. Kitermelését egy szovjet vállalat rövidesen megkezdte. A fluoritos

zónák lehatárolására a korábbiakban alkalmazott részletező geofizikai módszer-együttest alkalmazták, majd kísérleti méréseket végeztek a „Kvarc” elnevezésű szeizmoelektromos berendezéssel, ami negatív eredményekkel zárult. Szajhán-Hundaj területén újabb fluorit-előfordulást, valamint wolframit- és polimetallikus ércesedést találtak. A polimetallikus indikáció lehatárolására GP-, ellenállás-, és mágneses méréseket végeztek, a fluorit-előforduláson pedig szimmetrikus és kombinált elektromos ellenállás-szelvényezést alkalmaztak. Zulget területen a GP-mérések egy 150 m széles, 700 m hosszúságú kvarcosodott zónát mutattak ki, itt a telérek piritet, arzenopiritet, wolframot, kassziteritet, molibdenitet, berillt és fluoritot tartalmaztak, de az ércesedés eloszlása rendkívül egyenetlen volt. GP-méréseket folytattak még a korábbiakban már kutatott Dzan-Sire ónindikáció területén. A telepített ellenőrző fúrás kis érces ereket, hintett szulfidokat tártak fel, míg egy másik fúrásban, 120 m mélységben jelentős polimetallikus ezüst-ércesedést találtak.

Összesítésként megállapítható, hogy a területen a zónás ércesedés a tipikus, ez gránit magmatizmussal kapcsolatos. A központi részeken magasabb hőmérsékleten wolframit, molibdenit, berill vált ki, ettől távolodva találhatjuk a szulfidos övet, amely geofizikai módszerekkel jól követhető. Az intenzív GP-anomáliák jelzik a szulfidos övezetet, amely körbeveszi az anomáliamentes, ritkafémes területet, amely ellenállás- és mágneses minimumterület is.

1980 őszén a mongol fél kérésére a Meghatalmazottak Tanácsa úgy döntött, hogy a kutatások súlypontja kerüljön át a Góbi övezetbe, ahol a már ismert Cagán-Szuburgai rézlelőhelyhez hasonló, újabb rézlelőhely felfedezése esetén gazdaságossá válhatna ezek kitermelése. Mivel a térségben több, kitermelés alatt álló kőszénlelőhely is ismeretes volt, továbbá a *Nemesi László* által vezetett vízkutatás nem remélt készletekkel rendelkező vízmenyiséget talált, esedékessé válhatott volna egy fémkohászati kombinát létrehozása.

A kijelölt kutatási terület mintegy 20000 km<sup>2</sup> volt a Dél- és Kelet-Góbi ajmakok vidékén, ahol magyar, csehszlovák és lengyel geológuscsoport dolgozott, a geofizikai tevékenységet pedig mindhárom kutatásnál a magyar geofizikuscsoport végezte *Fejes Imre* vezetésével. A geofizikai mérések során nagy nehézséget jelentett a tájékozódás bonyolultsága, hiszen ebben a lankás, egyhangú tájból csak elvétve voltak kiemelkedő kisebb magaslatok (GPS pedig még nem volt), amelyek nyújtottak némi segítséget. Jellegzetes alakú és messziről látszó hegy csak néhány akadt, műtárgy pedig alig.



A csoport műszerekkel való ellátottsága jó volt. Mintegy 10 db geoelektromos műszer, elektromos tápegység, generátorok, 2 db magnetómer, kappaméter, szeizmikus műszer, szeizmoelektromos műszer, szintező műszerek és teodolitok, többségükben magyar (ELGI) gyártmányúak alkották a felszerelést. A kétéves időszak alatt 2 mérési szelvényen és 12 kutatási területen folytak a mérések. Egy rövidebb kirándulás keretében még a Dzan Sire területén is volt kiegészítő mérés. Kimagasló fontosságú volt a Suten elnevezésű terület, ahová a végzett teljesítmény 50%-a esett. Itt a paleozoikumi vulkanogén képződményekben egy nagy kiterjedésű, hidrotermálisan elváltozott zóna helyezkedett el. A felmért 70 km<sup>2</sup> térképezett terület eredményeként egy látszólagos polarizálhatósági térkép, látszólagos fajlagosellenállás-térkép, földmágneses térkép és a polarizálhatóság maradékanomáliáit és regionális összetevőjét ábrázoló térképpár készült. Sajnos a 10 körüli fúrás, amely a geofizikai anomáliákra mélyült, hirtelt piritet harántolt, így a remények szertefoszlottak. Egy fúrásban álunitot mint egyetlen haszonanyagot sikerült kimutatni. A többi kisebb-nagyobb kiterjedésű részterületeken granitoid intruzív testekhez kötődött az ércesedés, de érdelemes eredményeket nem találtak.

A 2 regionális szelvény közül az egyik ÉÉNy–DDK irányban 77 km hosszúságú volt, amely feltárta a Mandahi masszívumot és ennek a két oldalán levő medencéket. A szelvényben vertikális elektromos szondázásokat, szeizmikat, GP-méréseket és mágneses méréseket is alkalmaztak. A legnagyobb aljzatmélység 600 m körüli volt. A kibúvásokon GP-anomáliákat is észleltek, de egy korábban már megkutatott anomália területére esett. A közel É–D irányú, 13 km hosszú szelvény a masszívumok közötti üledékes medencéket tárta fel szeizmikus refrakciós módszerrel és vertikális elektromos szondázásokkal. Az aljzatmélység itt 1300 m-nél nagyobbának bizonyult.

A Dzan-Sire egy erősen erodált vulkáni kürtő, amelyhez szulfításványosodás kötődött. A nehezen járható hegycsúcs miatt geoelektromos mérésekkel, egy 1650 m-es tápvonallal vizsgálták a csúcs környezetét. A tápelektrodák így a hegy lábához estek, a csúcs 600×600 m-es hálózata gyalogosan már meg lehetett közelíteni. Több anomáliát is észleltek, az ellenőrző fúrások számottevő eredményt nem nyújtottak.

Ebben az évben a magyar csoport alkalmazott először mongol földön időszondázást. Tekintve, hogy a gerjesztési idő függvényében az eltérő ércesedések eltérően polarizálódnak, így az azonos elektróda helyeken különböző gerjesztési idővel mért értékek jól használható információkat szolgáltatnak.

Az 1981–82-es két év eredménytelensége miatt a Meghatalmazottak Tanácsa az őszi ülésén úgy döntött, hogy a kutatásokat a perspektivikusabb hentiji kutatási területen kell folytatni, mivel a déli terület távolról sem igazolta a földtani vezetés reményeit. Így 1983-ban visszatértek a csoportok a Góbiból, de az új felállásban megszűnt az önálló geofizikus csoport, összevonták a magyar földtani-térképező csoporttal, elsősorban létszám-megtakarítás miatt, így a két csoportvezető, a két tolmács, a két szakács, a két szerelő helyett csak egy-egy munkájára volt szükség. A Földtani Osztályon 1987-ig magyar főgeofizikus dolgozott, 1983–84-ben *Magyar Balázs*, 1984–87 között pedig *Simon András*.

*Kovácsvölgyi Sándor* irányításával, aki a csoport geofizikai részlegét vezette, a komplex földtani-geofizikai csoport az egész kutatási időszak alatt, 1990 végéig a hentiji kutatási területen dolgozott. A részleg vezetőjének komoly érdemei voltak az eredményes kutatások, az újabb módszerek bevezetésében, értelmezésében.

A geofizikai megkutatottságot egy 1:200 000 léptékű légi geofizikai felvétel és a korábbi években az NFE magyar geofizikusainak munkája képezte. 1983–84 folyamán a csoport vezetője *Csongrádi Jenő* geológus volt. A kijelölt mérési területen wolfram- és aranyindikációk voltak, ezen az érchordozó szerkezetek kimutatása céljából végeztek méréseket, de sajnos a fúrásos kontroll elmaradt. A korábbiakban kimutatott Caganovó wolfram-molibdén-indikáción a GP-mérések szerint az érces stocwerk kis kiterjedésű, nem perspektivikus. A területen végzett földmágneses mérések segítséget nyújtottak a földtani szerkezet megismerésében, a képződménytípusok elterjedésének lehatárolásában. A Tunger hoh nikkel-előforduláson a szerpentin test meghatározására mágneses méréseket végeztek. Az Ulán-Undur szulfidos, a Har Csulut, a Jura szulfidos, az Ohasi rézérces területeken nem sikerült perspektivikus objektumot találni, az elvégzett mérések eredményeit a földtani térképezés hasznosította. A Möngön Öndör polimetallikus ezüstlelőhelyen, ill. az ezt magában foglaló öndörcagani ércmező területén 1983–89 között folyamatos munka volt. A wolfram-molibdén ércesedésű stockwerken (amely az első magyar geológus csoport találata volt) a későbbi kutatások eredményeként rendkívül nagy érckészletet tártak fel, a koncentráció azonban alacsony és ingadozó volta miatt ipari értéke kérdéses. 1983 elején ismert volt, hogy a polimetallikus ércesedés néhány km szélességű, félkörben övezi az öndörcagani stockwerket. A területen bolgár csoport működött, itt GP-, ellenállás-, és mágneses méréseket végzett a magyar csoport, s ezek a mérések csak 1986-ra fejeződtek be. 1986-ra a geofizikai térképezés lehatárolta

az ércmezőhöz kapcsolódó GP-anomáliákat. Sajnos azonban a nem kellő irányítás miatt a térképezett terület 75%-án nem végeztek földtani kutatást, fúrást, s árkolást sem. 1987-től kezdve foglalkoztak az ércetek követésével, geofizikai módszerekkel. *Simon András* a korábbi mérési adatokat vizsgálva megállapította, hogy az érctelérek 10–20 m vastag, kis ellenállású zónában vannak. Kísérleti mérésekkel megállapították, hogy az ércetestet belülről gerjesztve fúrás-fúrás, fúrás-felszín és felszín-felszín változatban is sikerült követni az anomáliákat. A továbbiakban e módszert alkalmazták, a feldolgozásban pedig a látszólagos fajlagosellenállás-számítás módszerét, kikísérletezve sikerült az ércetek követése. A felszín-felszín módszer helyett VLF-, majd EM-31-es indukciós méréseket alkalmaztak, melyek hatékonysága nagyobb volt. 1987–89 között a mérések már lépést tartottak az igényekkel, valamennyi ércetestet sikerült fúrás-felszín átvilágítással, az árkolások területén VLF és EM-31 indukciós módszerrel sikerült az árkokban követni az érctesteket.

A Tulán-Obó szulfidos indikáción csak a palák grafitosodása, szingenetikus piritesedéséhez kapcsolódtak a GP-anomáliák. A Cagán-Csulut molibdénindikáción az elvégzett GP- és ellenállásmérések nem hoztak eredményt,



9-7. ábra. Szeizmika a világ végén

míg a mágneses mérések alapján az előfordulás határát pontosan lehetett lezárni, mivel az ércesedés felett teljesen anomáliamentes tér volt, míg a határain 50–150 nT anomáliák sorakoztak. A készletszámítást a geológus részleg 1990-ben fejezte be, kisméretű ipari lelőhelynek minősítve az előfordulást. A Csamdagán-Obó molibdén-, a Mогоj-Csulut ritkaföldfém-, a Tubud arany-ritkafémes, a Hanharin Dava előfordulások helyein végzett mérések jelentős eredményeket nem adtak. A Cagan-Obó egy kisebb fluorittelér környékén a mágneses mérések minimumként, a VLF-mérések ellenállásminimumként jelezték a töréses zónát. A területen azonban a fluorikoncentráció elmaradt az ipari mértéktől.

A magyar geofizikusok mongóliai tevékenysége 33 éven, az NFE-ben pedig 15 éven keresztül folyt.

A mongóliai kutatások közvetlen hasznát nem hozták országunknak, mivel segély jellegű segítséget jelentettek az elmaradt „testvéri országnak”. Közvetve azonban figyelembe kell venni több körülményt is. A geofizikai mérések java részét a magyar féltől megrendelt, ill. ELGI gyártmányú műszerekkel végezték, ami intézetünk számára nem elhanyagolható tevékenységet jelentett. Azt is érdemes megvizsgálni, hogy mit jelentett azoknak a szakértőknek a kiküldetése, akik részt vettek ebben a tevékenységben. Sok résztvevő a kint megszerzett jövedelmének köszönheti lakását, vagy gépkocsiját, de nem elhanyagolható a kint megszerzett gyakorlat, szakmai előrelépés lehetősége sem. Doktori disszertációk, cikkek, sok szakmai ötlet született, amelyek nem csak egyéni előre haladást hoztak.

A 15 éven át végzett vízkutatás egyértelműen sok sikert hozott. A földtani térképezés kiegészítéseként végzett geofizikai tevékenység hasznos eredményeket jelentett a földtani térképezés számára. A revíziós kutatásoknak köszönhető az érces indikációk vizsgálata perspektivitás szempontjából. Az NFE-ben végzett munka eredménye az öndörccagáni ércmező felfedezése, jelentős mennyiségű ércvagyonnal, a Hulin-Holbói fluoritbánya, amelynek leművelését már abban az időben megkezdték, s számos kisebb lelőhely, amelyekre a mongol fél a mai napokban is tőkeerős országok között befektetőket keres.

Végül szükségesnek tartom megemlíteni, hogy a Mongóliában dolgozó szakértőink többségében igen nehéz körülmények között, felelős emberi hozzáállással teljesítették feladataikat, kezdve a csak két magyar geofizikus közreműködésével dolgozó vízkutatással, de a későbbiek folyamán is – bár egyre javuló körülmények között –, de mégis a hazai körülményektől lényegesen eltérő emberi, fizikai és nem utolsósorban más, lényegesen eltérő, kezdetben ismeretlen

földtani körülmények között. Sok esetben volt szükség az emberi kitartás végső fázisáig elmenni, de mindezek ellenére, ha kint járt kollégáimmal hoz össze a sors, mindannyian többször könnyekig meghatódva emlegetjük fel mind az akkori nehézségeket, mind élményeinket, eredményeinket.

Az 1990-ben bekövetkezett politikai és gazdasági változások a 33 éve folyó mongóliai geofizikai tevékenység végét jelentették.

## **Irodalom**

A mongoliai geofizikai expedíciókról beszámoló cikkek a Magyar Geofizika alábbi számaiban jelentek meg:

1998. évf. 39. kötet, 4. sz.

1999. évf. 40. kötet, 1., 4. sz.

2000. évf. 41. kötet, 1. sz.

2002. évf. 43. kötet, 1., 3., 4. sz.

## **9.2. Kubai expedíciók**

*Polcz Iván, Kakas Kristóf*

A kubai–magyar földtani együttműködés a kubai fél kérésére már 1962-ben megkezdődött, s több szakaszra bontható

### **9.2.1. Részvétel a Földtani Alapadattár, az ásványi nyersanyagok nemzeti nyilvántartása megszervezésében és munkájában**

Ez a tevékenység 1962-ben kezdődött, mely elsősorban a Földtani Alapadattár megszervezésében leginkább geológusok részvételét jelentette. Az első geofizikus *Polcz Iván*, akit a magyar geofizikai és földtani szakértők vezetésével bíztak meg, 1974-ben kezdte meg működését a *Fondo Geologico Nacional*-ban (Földtani Alapadattárban), bár a megelőző évben már dolgozott Kubában, az MTA kiküldetésében, a Kubai–Magyar Akadémiai Földtani Expedícióban. A Fondóban azután 10 éven keresztül váltották egymást a magyar geofizikusok, 1978-tól *Nyitrai Tibor*, 1981–84 között pedig *Szalay István*.

Szakértőink feladata volt a beérkező kutatási tervek szakmai ellenőrzése, elbírálása, a végzett munkákról szóló jelentések kritikai elemzése, ezenkívül a tekintélyes mennyiségű geofizikai–földtani anyag rendszerezése, egyes temati-

kus feladatok végzése, egyes esetekben a terepi csoportok látogatása. Fontos érdemeiknek köszönhető, hogy a szeizmikus méréseknél lezajló nagy változást, a digitális számítógépes technika alkalmazását segítették elő, s érdemeik voltak a krómérc- és szénhidrogén-kutatások terén is.

### 9.2.2. Kuba Oriente tartomány 1:250 000 méretarányú egységesített földtani térképezése

A Kubai és a Magyar Tudományos Akadémia közötti kétoldalú együttműködés keretében 1972-ben földtani térképezés kezdődött Nagy Elemér (Magyar Állami Földtani Intézet, MÁFI) vezetésével Oriente tartomány 34059 km<sup>2</sup>-nyi területén. Az expedícióban Polcz Iván látta el a geofizikusi munkakört. Feladata valamennyi geofizikai jelentés, mérési adat felkutatása és rendszerezése volt, amelyek bármilyen formában segítették az expedíció munkáját. 1973 májusa és novembere



9-8. ábra. A kubai Földtani Intézet munkatársaival Havannában (1973). Az első sorban Polcz Iván mellett Guillermo Franco geológus-paleontológus, a hátsó sorban geológus technikusok láthatók

között összefoglalót készített a Kubai Tudományos Akadémia Földtani Intézete számára. A terepi munkák befejeztével kiadott térképsorozatban elkészítette a terület geofizikai ismeretességét bemutató térképet és magyarázót. A kint dolgozó szakértők feladata volt még a kubai brigádtagok szakmai továbbképzése, amelyet ugyancsak sikerrel teljesítettek.

### **9.2.3. Műszaki Tudományos Együttműködés a Kubai Köztársaság Bányászati, Tüzelőanyag és Kohászati Minisztérium Földtani és Geofizikai Főigazgatósága és a Magyar Népköztársaság Központi Földtani Hivatala között (1974–1980)**

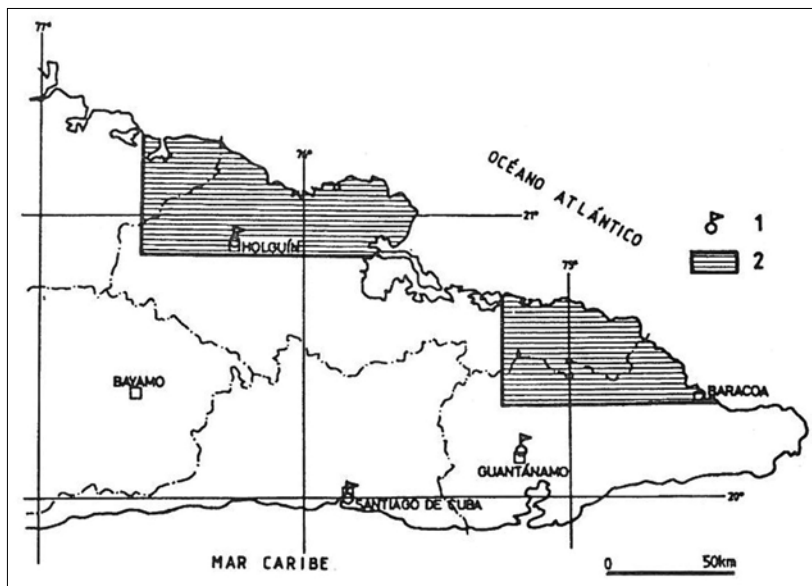
A megállapodás a földtani és geofizikai kutatások terén az együttműködés továbbfejlesztése céljából jött létre. Hatékony megoldást kerestek:

- modern kutatási módszerek fejlesztése hasznos ásványi nyersanyag-lelőhelyek prognosztikus térképeinek elkészítéséhez,
- hasznos ásványok kutatásánál és feltárásánál alkalmazott geokémiai és geofizikai módszerek fejlesztése,
- földtani és geofizikai információk számítógépes feldolgozása,
- együttműködés a földtani kutatással kapcsolatos műszaki-tudományos információ terén.

Az együttműködés szakértői csere, ösztöndíjasok küldése, továbbképzés, konzultáció, dokumentáció- és információcsere révén valósult meg. Az elkészített munkatervben szerepelt az ásványi nyersanyagok kutatásában alkalmazott geofizikai módszerek, műszerek, valamint a mérési adatok gépi feldolgozásának tanulmányozása.

### **9.2.4. Műszaki Tudományos Együttműködés a Kubai Köztársaság Alapanyagipari Minisztériuma és a Magyar Népköztársaság Központi Földtani Hivatala között (1981–90)**

1979 elején a KGST országok egyezményt írtak alá a Kubai Köztársaság területének geológiai kutatása tárgyában. Ennek alapján Kuba és Magyarország kormánya, majd 1982-ben a két ország illetékes geológiai szervei megállapodtak a feladat általános feltételeiben. A munkák végzésére vonatkozó szerződés aláírása



9-9. ábra. A magyar kubai expedíciók helyszíne (1983-1990). 1 – az expedíciók köpontjai, 2 – térképezett terület („Holguín” és „Guantanamo-É” területek)

után 1983–88 között a terepi munka az 3847 km<sup>2</sup> nagyságú, Holguin tartomány területén, 1:50 000 léptékben, a nyersanyag-kutatásban 1:10 000 méretarányban folyt. Az expedícióban a geológusok mellett *Madarasi András* vezetésével *Bucsi-Szabó László* és *Bechler Gyula* vett részt. A későbbiek folyamán *Kakas Kristóf*, majd *Magyar Balázs* vette át a geofizikai munkák irányítását. A nemzetközi generalizációs csoportban – amelynek feladata a különböző országok csoportjai munkájának egységesítése volt – *Taba Sándor* geofizikus tanácsadó tevékenykedett. Feladata ellenőrzés, az újabb eredmények és a korábbi földtani kutatások eredményeinek egységesítése, valamint az 1:500 000 léptékű földtani térképsorozat elkészítésében való részvétel volt.

Az expedíció geofizikusai munkájuk során VESz, ellenállásmérést, mágneses, radiometriai és karotázsmódszereket alkalmaztak. A nyersanyagkutatásban 26 területen 102 km<sup>2</sup>-en perlit-, pumicit-, kréta-, puzolán-, arany-, krómit- és azbeszt-előfordulások területein végeztek munkát. Kimutattak egy új, polimetalikus rézzónát, (Monte-Rojo-Margaritas) és igazolták a terület perspektivitását aranyra és rézre.



A geofizikai műszerek magyar gyártmányúak voltak, így az ELGI gyártmányú K-500 típusú karotázsberendezés, a DIAPIR műszerek, a MÉV radiométerei és spektrométerei. Több új módszert is kipróbáltak, így a TURAM-térképezést és a VLF-méréseket. Először alkalmaztak mikroszámítógépet (PTA-1500) a mérési eredmények feldolgozásában.

1988–90 között az expedíció munkájának folytatásaként egy nyersanyagkutató csoport dolgozott, amelynek geofizikusa *Zalai Péter* volt. Feladatuk a nyersanyag perspektivikus zónáinak értékelése, ill. továbbkutatása. A megvizsgált 31 szektor közül két arany- és egy rézlelőhely (*Reina Viktória*, *Melquiadas* és *Monte Rojo*) kutatását kezdték meg. Kuba egyetlen aranybányáját magában foglaló, *Reina Viktória* lelőhely serpentinitkörnyezetbe ágyazott dioritblokkjának részletező kutatására mágneses, radiometrikus, ellenállás- és gerjesztett polarizációs térképezést végeztek, mivel az aranyat tartalmazó diorit a serpentinitkörnyezettől – magasabb radioaktivitásával, kisebb mágneses szuszceptibilitásával és enyhén piritesedett voltából adódó polarizálhatóságával – elkülöníthető volt. A Melquiadas szektor aranytorlatának kutatására mágneses és VESz-méréseket alkalmaztak, hogy a fiatal fedő vastagságának térképezésével kijelöljék a nehézasványok feldúsulási zónáit.

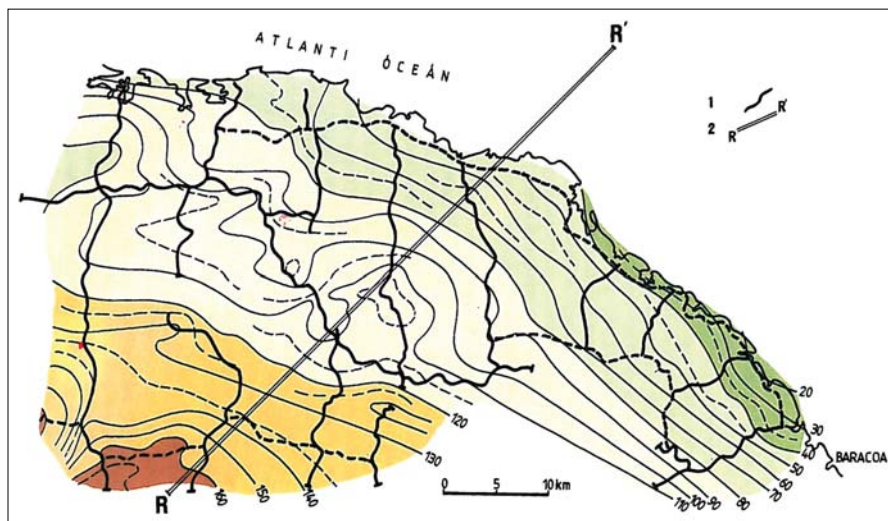


9-10. ábra. Jellemzőes kubai táj a Cauto-medencében (Oriente)

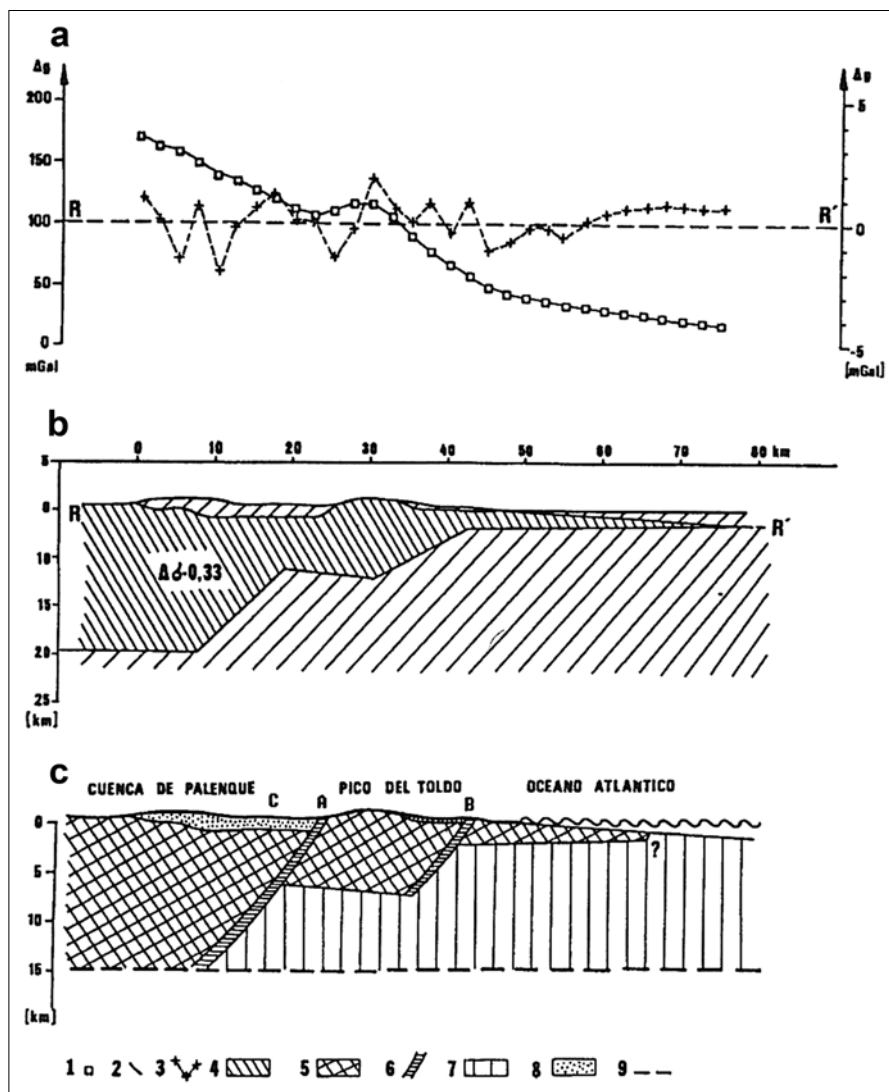
A második expedíció 1987–90 között végezte térképező és nyersanyagkutató munkáját Guantanamo térségében, 2391 km<sup>2</sup> nagyságú területen.

Kakas Kristóf vezetésével Ujszászi József, Buránszky József, Busai Imre az expedíció geofizikusai. A kutatási terület Kuba legnehezebben járható területe, ahol szubtrópusi esőerdők borítják az 1000 m-nél magasabb, lakatlan hegységeket. Feladatuk a földtani térképezés, a geofizikai felmérés és a poligon nyersanyag előfordulásainak értékelése volt. A kutatások során a már korábban használt geofizikai módszereket alkalmazták. Munkájukkal pontosították a földtani felépítést, szerkezetet, és új érces és nem érces perspektivikus területeket különítettek el (krómit, réz, zeolit, márga, bentonit stb.). Komplex geofizikai szelvények segítettek a földtani szelvények szerkesztését, gravitációs térképek alapján nagytektonikai modelleket állítottak fel, amelyek igazolták azt a szerkezet-földtani elképzelést, mely szerint az ofiolit és a szigetívösszlet mint takaró tolódott rá az észak-amerikai lemezre. A krómit- és a nikkel-kobald-tartalmú lateritindikációkon módszerkombinációt dolgoztak ki a gazdaságos kutatás érdekében. Méréseikkel kimutatták, hogy a kelet-kubai allitok nem tekinthetők gazdaságosan felhasználható bauxittelepnek. Jelentésüket 1990 végén védtek meg.

Befejezésül a munkák eredményei röviden: a szilárdásvány-kutatás terén több új eljárás (GP-mérések, dinamikus polarizációs vizsgálatok, VLF-térképezés,



9-11. ábra. Bouguer-anomáliatérkép, Guantanamo-É



9-12. ábra. Bouguer-anomáliatérkép és a hatószámítás értelmezése. Guantanamo-É.  
 1 – észlelt érték, 2 – számított érték (jobb oldali skála), 3 – hiba (magnövelt, jobb oldali skála), 4 – nagyobb sűrűségű összlet ( $\Delta\sigma = +0,3 \text{ t/m}^3$ ), 5 – ofiolit és szigetívi kőzettömegek, 6 – törészónák, 7 – Bahama-platform kontinentális kőzettömegei (feltételezés), 8 – törmelékkel kitöltött tektonikai árok, 9 – feltételezett kiegyenlítődési szint

sekélyszeizmikus mérések) bevezetése, sikeres bemutatómérések (tranziens, Maxi-Probe MFS és Slingram rendszerű EM módszer) szervezése, a terepi adatfeldolgozásban a számítógépek bevezetése, végül a kubai kollégák továbbképzése.

Az 1990-ben bekövetkezett politikai és gazdasági változások miatt a közvetlen együttműködés megszakadt.

### **9.3. Görögországi expedíciók**

*Kónya Albert, Hegedűs Endre, György Lajos*

Az Intézet Görögországban 1980 és 1983 közötti időszakban a Görög Nemzeti Olajvállalat (DEP) megbízásából (a Nikex Külkereskedelmi Vállalat közreműködésével) több éven át, öt területen folytatott reflexiós méréseket. A nehezen fúrható nyugat-tráciai, továbbá a nehezen járható és fúrható epirusi területeken a vibroszeiz technika jól használhatónak bizonyult. Fontos szerepet kapott az ELGI – Videoton fejlesztésű, gépkocsiba épített, R-10 vezérlésű – expedíciós feldolgozócentruma is. Ez a helyes metodika megválasztását, az eredmények gyors ellenőrzését megkönnyítette, mivel Görögországban nem volt a szeizmogramok gyors, gazdaságos feldolgozására alkalmas számítóközpont. Az expedíciók az abban részt vevő kollégák látókörét bővítették és gazdaságilag is eredményesek voltak.

#### **9.3.1. Alexandria, 1980**

1980-ban Thessalonikitól 50 km-re Ny-ra levő Alexandria falu körzetében a mérés fúrás-robbantásos módszerrel történt. ZIL/URB fúrókkal dolgoztunk. Ez a terület a Vardar-árok, a Vardar folyó által feltöltött terület, ezért a 30 m-es fúrások általában iszapban mélyültek.

A méréseket először DFS-IV, majd később DFS-V műszerrel végeztük. Összesen 446 km, 12-szeres fedésű szelvényt mértünk le 50 m-es geofonközzel. Itt próbáltuk ki először külföldön a teherautóba szerelt R-10 szeizmikus előfeldolgozó centrumot. A terepi előfeldolgozás ma már általános dolog, akkoriiban azonban ez még különös dolognak számított.



9-13. ábra. Készül a terítés a tesszáliai síkon



9-14. ábra. A szeizmikus csoport irodája Orestiasban

A csoport személyzete elsősorban az ELGI dolgozóiból állt, de volt néhány dolgozó az OKGT GKV-ból is. Egy görög alkalmazott volt, Kostas, a robbantómester.

A magyar dolgozók nagy részének érdekes tapasztalatokat jelentett ez a mérés. Az akkori viszonyok között sokan voltak, akik nem hogy nyugati országban, de külföldön sem jártak korábban. Eleinte sokan nem mertek egy fagyaltot enni, vagy egy moziba bemenni. Később már kiismerték magukat, és otthonosan mozogtak. Nagy keletje volt a falu mozijának, ahol olyan filmeket vetítettek, amilyeneket akkor Magyarországon nem lehetett látni. Vasárnap nem volt munka. Ilyenkor a dolgozók a csoport buszával a tengerpartra mentek, vagy megmászták a közelben levő Olümposz hegységet.

### 9.3.2. Orestias, majd Arta, 1981

1981-ben Görögország ÉK-i csücskében, a török határ mentén, Nyugat-Thráciában, Orestias város körzetében végeztünk szeizmikus mérést, és utána volt egy rövid kísérleti mérés Görögország nyugati felén, Agrinnion város térségében.

Ez a mérés abból a szempontból volt különös, hogy Görögország területén ez volt az első vibroszeiz mérés. A DEP, a görög olajvállalat sok szakértője idegenkedett a vibroszeiztől. Az volt a félelmük, hogy a bonyolult görög földtani viszonyok közepette nem ad értékelhető eredményt. Az egész mérést egy kísérletnek tekintették.

Az ELGI szakértői fontos feladatnak tartották, hogy bebizonyítsák, a vibroszeiz Görögországban is hasznosítható. Ehhez nagy segítséget adott az ide is leszállított R-10 szeizmikus előfeldolgozó centrum. A centrumban ekkor már működött az ELGI-ben kifejlesztett színes plotter. A kísérleti mérések feldolgozása és színes megjelenítése után ki lehetett választani a területre legjobban megfelelő vibroszeiz mérési paramétereket.

Az elsőnek lemért szelvény előfeldolgozását a szelvény befejezése után egy nap alatt elkészítették az éjjel-nappal dolgozó feldolgozók. A feldolgozott szelvények alapján a mérési paraméterek további finomítása vált lehetővé.

A mérés körülményei érdekesek voltak. Amikor a csoport november utolsó napjaiban megérkezett Orestiasba, gyönyörű napsütéses idő volt. A helyiek



9-15. ábra. A felázott terep Orestiasztól északra. A távolban látszik a műszerkocsi



azt mondták, hogy 9 hónapja egy csepp eső sem esett. Másnap kiterítették a kábelt. Következő nap elkezdett zuhogni az eső, és a mérések végéig folyamatosan esett. A vonalak egy része szántóföldeken haladt. A felázott talajon a vibrátorok kerekei 60–70 cm mélyre süllyedtek. Volt olyan eset, amikor a négy vibrátorból három elakadt. Az egész munka egy hősiesség volt. A műszaki osztály zokon vette a felszerelés ilyen súlyos igénybevételét, de Müller igazgató megvédte a csoportot, és elismerését fejezte ki a nehéz munka elvégzéséért.

Az Orestias környéki mérések bizonyították, hogy Görögországban a vibroszeiz igenis használható módszer. Ez a terület azonban egy üledékes medence volt. Az itteni mérés után a csoport átköltözött Nyugat-Görögországba, Arta város környékére. Ezen a hegyvidéki területen idősebb kőzetek vannak a felszínen, és itt igen bonyolult földtani viszonyok adódtak. Egy rövid kísérleti mérés bizonyította, hogy a vibroszeiz ilyen földtani és felszíni viszonyok között is használható.

### 9.3.3. Ioanina, majd Pyrgos, 1982–1983

#### 9.3.3.1. A szeizmikus mérések

A DEP, a görög nemzeti olajvállalat meg volt elégedve az ELGI által végzett két munkával. Valószínűleg ez is hozzájárult, hogy versenytárgyaláson elnyertünk



9-16. ábra. Költözik a csoport. Hosszabb távon a vibrátorokat kamionon kellett szállítani

egy harmadik, a korábbi kettőnél még nagyobb munkát. Ez a munka 1982-ben kezdődött Epirus tartományban, Ioannina város környékén.

A kutatási feladat Epirus és Nyugat-Peloponnesos területének mélyszerkezeti felderítése, szénhidrogén-kutatása volt vibroszeizmikus módszerrel. Az expedíció 1982. augusztus 23-án Epirus területén kezdte meg a terepi munkát Ioannina telephellyel. November 15-ig 22 mérési vonalon 236 km szeizmikus reflexiós szelvényt mértek le.

A mérések technikai adatai: geofonköz: 50 m, fedésszám:  $24 \times 100\%$ , vibroseis sweep (vibrójel): 15–60 Hz, offset: 500 m.

Az expedíció november 19-től a Nyugat-Peloponnesos területen Pyrgos telephelyet választva folytatta munkáját. Ezen a területen 22 szelvényt mértek 270 km hosszban, ebből 27 km-t 25 m-es szeizmométer közzel. 1982. december 18-tól 1983. január 10-ig karbantartási munkákat végeztek, az expedíció ebben nem érintett tagjai hazajöttek Magyarországra.

A peloponnesosi területen a szeizmikus mérések március 25-én fejeződtek be, majd a megrendelő ajánlatára ismét Epirus területén folytatódtak a mérések, ahol 6 vonal mentén 79 km szelvényvonalat mértek. A terepi munkák 1983. június 30-án fejeződtek be.

Felszerelés a következő volt:

*Vibrátorok:* 4 db Failing Y-1100-CC, 1 db Failing Y-1100-BBV

*Járművek:* 11 db UAZ gépkocsi, 3 db GAZ 66 kábeles gépkocsi, 1 db GAZ 66 terepi autóbusz, 1 db ZIL 131 gépkocsira szerelt CFS/SDA műszer, 1 db ZIL 131 gépkocsira szerelt R-10 feldolgozó központ, 1 db ZIL 131 vízszállító gépkocsi, 1 db URAL szállító gépkocsi, 1 db PRAGA műhelygépkocsi, 1 db IZS diszpécser gépkocsi, 1 db NIVA diszpécser gépkocsi, 1 db Holló lakókocsi

*Személyi állomány:* A mérőcsoport létszáma 42–60 fő között változott.

*Átlagos összetétel:* 4 geofizikus, 3 villamosmérnök, 1 matematikus, 12 technikus, 9 vibrátorkezelő, 4 gépkocsiszerelő, 3 gépkocsivezető, 18 betanított munkás

Az expedíció munkarendje heti egy pihenőnapot tartalmazott, mely rendszerint a vasárnap volt. Ilyenkor lehetőség volt kirándulások szervezésére is.

### **9.3.3.2. A szeizmikus anyagok helyben történő feldolgozása**

A szerződésnek megfelelően a mérési anyagot az R-10 számítógépen a görögországi telephelyen dolgozták fel. A feldolgozás során 525 km szeizmikus



reflexiós szelvény időszelvénye készült el, ebből 136 km migrációját is elvégezték.

A teljes mérési anyagot „slalom-line” (törtvonalú) rendszerben mérték, a laza réteg vizsgálata sekély refrakciós méréssel folyamatosan történt. Az anyag minősége a peloponneszosi területen a korábbi években mért CGG, GSI, DEP vállalatok terepi felvételi és számítógépen feldolgozott anyagával összehasonlítva jó minőségű volt, az epirusi területen ilyen összehasonlításra nem volt lehetőség, mert a területen nem voltak korábbi mérések. A megrendelő a mérési eredményekkel meg volt elégedve. Az expedíciós munkák teljes bevétele 2980000 US \$ volt.

## **Irodalom**

Kónya A. (1982): Szeizmikus mérések Görögországban. ELGI 1981. Évi Jelentése, 110. o.

## **9.4. Ausztriai mérések**

*Ráner Géza<sup>†</sup>*

### **9.4.1. Az ausztriai mérésekről általában**

Az Intézet mindig szeretett volna szakmai és anyagi megfontolásokból külföldön dolgozni. A geofizika – akár tetszik, akár nem – globális tudomány, bár sokszor, ezt a Kárpát-medence sajátos fejlődéstörténetére hivatkozva, igyekeztünk kétségbe vonni. A megfelelő geofizikai eszközök beszerzéséhez azonban devizára volt szükségünk, amelyet a külföldi expedíciókból származó bevételekkel próbáltunk biztosítani.

Ausztria közelsége a geofizikai expedícióknak nagyon kedvező célt jelentett, de elég nehezen sikerült megfelelő megbízást szereznünk. Látszólag, szóban mindig nagyon szívélyesek voltak a kapcsolatok. Ausztriában nagyon sok külföldi geofizikai cég is dolgozott, így azt gondoltuk, hogy azonos műszaki felszerelés és tudás esetén alacsonyabb áraink miatt minket fognak választani. Itt különösen a szeizmikus expedíciónál gondoltunk sikeres megbízásokra. A kapcsolatfelvételek kezdeti szakaszában viszont kifejtették: félnek attól, hogy a két rendszer (a nyugati világ és a szovjet blokk) közötti feszültség hullámmása esetén kiszolgáltatott helyzetbe kerülhetnek.



9-17. ábra. Ráner Géza a geofoncsoportok telepítése közben, a redkívül nehéz, sziklás, meredek területen

Az ausztriai munkák során nagyon sok, nálunk „szokatlan” dologgal találkoztunk: a robbanóanyagok beszerzése és felhasználása sokkal könnyebb volt, a területhasználati engedélyeknél, viszont teljes mértékben érvényesültek a tulajdonosok jogai, a lakosság teljes tájékoztatást igényelt, a környezetvédelem nem csak szóban érvényesült (a terepen össze kellett szedni a szemetet, az olajat csepegtető kocsik után takarítani kellett stb.).

Mi itthon a terepi munka, feldolgozás és értelmezés egységét vallottuk. Itt találkoztunk ezeknek a fázisoknak a különválasztásával. Ma már nálunk is különválnak az egyes szakaszok, s be kell látnunk, hogy ez az ered-

ményesebb. Ha a magyar–osztrák kapcsolatokat elemezzük, az együttműködés különböző területeken és mélységekben folyt.

A kéreg- és felsőköpeny-kutatásokkal területén nagyon jó együttműködés alakult ki a magyar–csehszlovák–osztrák geofizikusok között. Ennek egyik látványos eredménye a Mohorovičić-diszkontinuitás közép-európai mélységtérképének megszerkesztése volt (Posgay et al. 1991). Az együttműködés azóta is folytatódik a különböző nemzetközi programok keretében (pl. CELEBRATION). Posgay Károlynak Weber, Gutdeutsch és Aric professzorokkal kiépített személyes kapcsolatai sokat segítettek a későbbi, az alkalmazott geofizika területére is kiterjedő kapcsolatok kiépítésében.

A harmadidőszaki medence aljzatának mélységtérképe szintén a magyar–csehszlovák–osztrák geológusok és geofizikusok közös munkájának eredménye (Kilényi 1991). Az elmúlt időszak eredményei alapján javasolhatjuk a térkép javított változatának elkészítését (a magyar területére ez már el is készült).

A DANREG program körül szerveződő együttműködés, melynek az ELGI részéről *Nemesi László* volt a motorja, expedíciós lehetőségeket is teremtett. Így végeztünk magnetotellurikus méréseket Ausztriában.

A nemzetközi együttműködések szép példája a palaomágnese kutatások területén kialakított tevékenység.

Az ausztriai expedíciók közül a nagyobbak, bleibergi, gmundeni és lavantali mérések voltak, valamint a mélyfúrás-geofizikai szelvényezések, amelyeknek egy része a szokásos kereskedelmi kapcsolatok keretében valósultak meg.

A magyar–osztrák kapcsolatokban jelentős volt a geofizika területén való együttműködés. Ennek motorja és következetes elősegítője *Szabadváry László* volt. A rá jellemző precizitással építette ki a Leobeni és Bécsi Egyetem Geofizikai Tanszékeivel a kapcsolatokat. A Leobeni Egyetemmél szorosan együttműködő Forschungsgesellschaft Joanneum közreműködésével nagyon sok geoelektromos és szeizmikus feladatban tudtunk részt venni.

A magyar–osztrák földtani és geofizikai együttműködést nagyban segítette a két ország földtani hatóságainak együttműködése. Osztrák részről *Reiter* főtanácsosnak köszönhetünk sokat. Ez már az MGSz történetének része.

Az osztrákok részvételével végzett magyarországi légi geofizikai és abszolút gravitációs mérések ismertetése, a megfelelő fejezetekben található.

DANREG (Danube Region Environmental Geology) programot külön fejezet tárgyalja.



9-18. ábra. Terepi gépkocsik vonulása a havas, fenyvessel borított magaslaton

#### 9.4.2. Az expedíciók tevékenységének évenkénti rövid ismertetése

Az évenkénti rövid ismertetéseknél a folytonosság miatt tüntetjük fel a GEO-LOG méréseit is. Baden-Badenben egy 140,3 m-es fúrásban végeztünk mélyfúrás-geofizikai méréseket.

**1973:** A Bleiberger-Bergwerks Union (BBU) megbízásából végeztünk geoelektromos és szeizmikus méréseket (Ráner, Verő 1973, Hobot 1974).

**1974:** A bleibergeri kutatásokhoz kapcsolódva mélyfúrás-geofizikai és szeizmokarotázs-méréseket végeztünk a Schneidergraben K-1 fúrásában (NN 1974). 1974-ben egy vízügyi együttműködés keretében a Fertő-tó (Neusiedler See) körüli gravitációs méréseket *Csapó Géza* végezte, *Aczél Etelka* volt a tolmács.

**1977:** A Graz-Köflacher Eisenbahn- und Bergbau Gessellschaft megbízásából a Lavant völgyében a medencealjzat szerkezetének meghatározására végeztünk szeizmikus refrakciós és gravitációs méréseket (Nyitrai 1997, NN 1978). Oberbildein és Höll térségében 4 lignitkutató fúrásban végeztünk mélyfúrás-geofizikai vizsgálatokat. A méréseket az Austromineral GmbH megbízása alapján végeztük.

**1978:** Az Austromineral GmbH megbízásából Deutsch-Schützensnél 2 lignitkutató fúrásban végeztünk mélyfúrás-geofizikai vizsgálatokat.



9-19. ábra. Mélyfúrás-geofizikai vizsgálatok egy ausztriai fúrásban

**1981:** Bemutató MFS-méréseket végeztünk Neudorfnál (Szabadváry, Viola 1981).

**1982:** MFS-méréseket Felső- és Alsó-Ausztriában végeztünk (Szabadváry, Viola 1982, Gyurkó, Hoffer 1983, Gyurkó, Szabadváry 1983). Felső-Ausztriában a kristályos aljzat mélységét határoztuk meg, valamint a fedőrétegek tagolását végeztük el (Sigharting). Alsó-Ausztriában egy nagyobb ellenállású eocén mészkőréteg mélységének meghatározása volt a feladatunk.

**1983:** A Forschungsgesellschaft Joanneum megbízásából Felső-Ausztriában (Hartkirchen) végeztünk MFS-méréseket az alapterlep típusú szénmedence aljzatának meghatározására (Gyurkó et al. 1984). A Klagenfurti-medencében, a Vellach-völgyben a Forschungsgesellschaft Joanneum megbízásából MFS-méréseket végeztünk a triász karbonátos összlet, valamint a felette lévő tercier agyag- és márgarétegek kutatására (Hoffer, Szabadváry 1983).

**1984:** A Forschungsgesellschaft Joanneum megbízásából vízkutató MFS-méréseket végeztünk Burgenlandban Grafenschachen, Gfangen, Unterwaldbauern és Wiesfleck térségében (György 1984). Az osztrák–magyar tudományos és műszaki együttműködés keretében Oberwart térségében Kleinpetersdorfnál és Malternnél végeztünk MFS-méréseket (Szörényi 1984).

**1985–1988 közötti időszakban** a Leoben Egyetemmel közösen az osztrák–magyar határ mentén földmágneses  $\Delta T$  és  $\Delta Z$  méréseket végeztünk (Hoffer et al. 1991).

**1985:** A Forschungsgesellschaft Joanneum megbízásából Burgenlandban, Güttenbachnál a kristályos alaphegység mélységének meghatározására végeztünk MFS-méréseket (Szabadváry 1985).

**1986:** A Rohöl-Afsuchungs GmbH (RAG) megbízásából négy hónapig vibroszeiz terepi méréseket végeztünk Felső-Ausztria festői hegyei között (Kónya 1987).

**1987:** Az 1987. évi mérésekre Szabadváry L. és Rezessy G. jelentésében (Szabadváry, Rezessy 1988) találtunk utalást. Eszerint St. Willibaldnál és Heiligenbergnél végeztünk MFS-méréseket a kristályos alaphegység mélységének meghatározására.

**1988:** A Forschungsgesellschaft Joanneum megbízásából az előző évek méréseihez kapcsolódva MFS-méréseket végeztünk Feuerbach, St. Willibach, Heiligenberg és Sigharting–Taufkirchen környezetében (Szabadváry, Rezessy 1988). Willibaldnál és Heiligenbergnél a kristályos alaphegység mélységének meghatározása, míg Sighartingnál az 1982-ben mért szelvények nagyobb mélység felé való kiterjesztése, a gránitfelszín követése volt a feladatunk (Farkas et al. 1991). Heiligenkreuznál Seiberl professzor közreműködésével kísérleti mérnök-geofizikai szondázásokat végeztünk (Stickel János szóbeli közlése).

**1989:** Az ELGI–GEO-LOG együttműködésével Wattens és St. Martin térségében két vízkutató fúrásban végeztünk mélyfúrás-geofizikai méréseket. A méréseket a Joanneum Research L. megbízásából végeztük.

**1990:** A Leobeni Egyetem az ÖMV megbízásából Felső-Ausztriában, a Mészkő-Alpok északi peremén kísérleti méréseket szervezett, melyben az ELGI is részt vett (Gombár 1992). A méréseket részben hagyományos módon (MDS–16, geofoncsoportosítás), másrészt speciális háromkomponenses érzékelőkkel (omnifon) végeztük. Az utóbbi méréseket DFS–V adatgyűjtővel rögzítettük. Az omnifonokat a Terra Linda of Canada-tól bérelték. Az omnifonban három piramidális elhelyezésű geofon jelét észlelik, majd egy polarizációs szűréssel választják szét a különböző komponenseket. A bonyolult hullámterek szétválasztásának egy nagyon hatékony módszeréről van szó, a háromkomponenses (3C) és négykomponenses (4C) észleléseket ma már egyre inkább elterjedten alkalmazzák. A szelvény mentén korábban mélyített fúrásban gázt találtak, ez indokolta, hogy az ÖMV a területen az Alpok szénhidrogén-perspektivitását vizsgálja. Alberstalnál Seiberl professzor közreműködésével mérnök-geofizikai szondázási bemutatót tartottunk (Stickel János szóbeli közlése.) A mérnök-geofizikai szondázások bemutatói alapján együttműködési szerződést (ELGI, EGS 1990) kötöttünk az Environmental & Geophysical Services Austria GmbH-val. Sajnos ez a nagyratörő, a közel-keleti országokat megcélzó, együttműködés nem fejlődött ki igazából. Wolfsthalban, a Joanneum Research L. megbízása alapján, az ELGI–GEO-LOG együttműködésével 5 fúrásban végeztünk mélyfúrás-geofizikai vizsgálatokat vízkutató céllal.

**1991–1993:** A DANREG programhoz kapcsolódva osztrák–magyar együttműködésben elvégeztük a gravitációs alaphálózatok összekapcsolását. Az összekapcsolást abszolút és relatív graviméteres mérésekkel végeztük (Csapó et al. 1993).

Osztrák részről a mérésekben a következő intézmények vettek részt: Universität Wien, Institut für Meteorologie und Geophysik, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Montanuniversität Leoben, Geophysisches Institut

**1991:** A *Geophysical Transactions* 36. kötetében kiadtuk a Morovičić-határfelület Közép-Európa alatti mélységtérképét (Posgay et al. 1991). A térkép szerkesztésében csehszlovák, magyar és osztrák geofizikusok vettek részt. A *Geophysical Transactions* 36. kötetében jelent meg a harmadkori medence aljzatának csehszlovák–magyar–osztrák együttműködésben szerkesztett mélységtérképe a Kár-



pát-medence ausztriai, csehszlovákiai és magyarországi területére (Kilényi et al. 1991). A térképek szerkesztésében csehszlovák, magyar és osztrák geofizikusok vettek részt. A Leobeni Egyetem Geofizikai Tanszékének megbízásából a Semmeringen az S-9 és S-10 fúrásban végeztünk egy alagútépítéshez kapcsolódóan mélyfúrás-geofizikai méréseket (Tonka, Szongoth 1993a,b). A GEO-LOG Kft. Enzersdorf és Fischamed térségében végzett 7 talajmechanikai fúrásban mélyfúrás-geofizikai méréseket. A mérések a Joanneum Research L. megbízásából készültek.

**1995:** Vértesy et al. (1996) jelentése szerint 1995-ben is végeztünk magnetotellurikus és tranziens elektromágneses méréseket a Rechnitzer Gebirge (Rohonci-hegység) területén Oberwart (Felsőőr) és Rechnitz (Rohonc) térségében a Penninikum kutatásának keretében. A Geologische Bundesanstalt megbízásából Hegyesalomtól kiindulva, a Bécsi-medencén keresztül mértünk egy magnetotellurikus szelvényt, amely 20 km mélységig vizsgálta a pretercier medence aljzatát és határozta meg a Mur–Mürz-vonalnál találkozó két kéreglemez kontaktusát (Varga 1995). A magnetotellurikus méréseket távoli referenciás (remote reference) eljárással végeztük. A Stoffner Trans Globe Energy megbízásából Blumau-nál, melegvíz-kutató mélyfúrásban végzett a GEO-LOG Kft. mélyfúrás-geofizikai méréseket. A Joanneum Research L. megbízása alapján a GEO-LOG Kft. Bad Ischl-nél sókutató fúrásokban végzett mélyfúrás-geofizikai vizsgálatokat.

**1996:** Az előző évi kutatások folytatásaként a Kommission für Geophysikalische Forschungen der Österreichische Akademie der Wissenschaften megbízásából magnetotellurikus és tranziens elektromágneses méréseket végeztünk a Rechnitzer Gebirge (Rohonci-hegység) területén Oberwart (Felsőőr) és Rechnitz (Rohonc) térségében a Penninikum geofizikai kutatásának keretében. A Stoffner Trans Globe Energy megbízása alapján a Blumau–2 fúrásban a GEO-LOG Kft. végzett mélyfúrás-geofizikai és áramlás méréseket. A Salinen Austria GmbH megbízása alapján 2 sókutató fúrásban a GEO-LOG Kft. végzett mélyfúrás-geofizikai vizsgálatokat.

**1998:** A Stoffner Trans Globe Energy Kft. megbízásából Obenberg-nél, a TH–2 vízkutató fúrásban a GEO-LOG Kft. végzett mélyfúrás-geofizikai vizsgálatokat.

**2000:** Kiadásra a DANREG program eredményeit ismertető tanulmány gyűjtemény és térképsorozat (Császár 2000).

**2003–2004:** A Leobeni Egyetem, Joanneum Research (Forschungsgesellschaft Joanneum) megbízásából a GEO-LOG Kft. Grieselstein-nél a TH–1 fúrásban végzett mélyfúrás-geofizikai méréseket.

*Az osztrák mérésekben részt vevő külkereskedelmi vállalatok:* Amíg a magyar intézmények nem rendelkeztek külkereskedelmi jogokkal, addig megfelelő külkereskedelmi vállalatokkal dolgoztunk együtt. Az 1973. évi bleiberg-i méréseket a GEOMINCO Rt.-gal bonyolítottuk, majd a NIKEX Rt.-ra kellett átváltanunk. A bleibergi munkákat *Gaál Endre* segítette. Itt tanultam meg, minden normálisan kinéző embert az osztrákok Herr President/Direktor megszólítással illetnek. A NIKEX vezetői és dolgozói nagyon sokat segítettek, ezúton is köszönjük *Borsó Béla, Haraszty Zsolt, Kiss Miklós, Pákozdy György, Tailanegle Róbert* és *Viola Balázs* sokoldalú segítségét.

*Az osztrák méréseket segítő osztrák kollegák:* A méréseknél nagyon sok segítséget kaptunk az osztrák kollegáktól. Névszerinti felsorolásuk valószínűleg nem teljes. *Arndt, Rainer* (Geologische Bundesanstalt), *Aric, Kay* (Universität Wien, Institut für Meteorologie und Geophysik), *Gutdeutsch, Rudolf* (Universität Wien, Institut für Meteorologie und Geophysik), *Kroll, Arthur* (Österreichische Mineralölverwaltung), *Mauritsch, Hermann* (Montanuniversität Leoben, Angewandte Geophysik) *Meurers, Bruno* (Montanuniversität Leoben), *Oberlercher, Germot* (Geologische Bundesanstalt), *Pahr, Alfred* (Geologische Bundesanstalt), *Seiberl, Wolfgang* (Universität Wien, Institut für Meteorologie und Geophysik) tanszékvezető professzora, a Geologische Bundesanstalt főgeofizikusa), *Schmid, Christian* (Montanuniversität Leoben), *Steinhauser, Peter* (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), *Walach, Georg* (Montanuniversität Leoben), *Weber, Franz* (Montanuniversität Leoben), *Wessely, Godfrid* (Österreichische Mineralölverwaltung).

*Az anyag összeállításában résztvevők:* *Csapó Géza* – gravitáció, *Kónya Albert* – szeizmika, *Mészáros Ferenc* – mélyfúrás-geofizika, *Nemesi László* – DANREG, *Rezessy Géza* – MFS-mérések, *Ronyecz Mónika* (GEO-LOG) – mélyfúrás-geofizika, *Stickel János* (ELGOSCAR) – mérnök-geofizikai szondázás, *Szongoth Gábor* (GEO-LOG Kft.) – mélyfúrás-geofizika, *Varga Géza* – magnetotellurika, *Zsadányi Éva* (MGSz) – adattári adatok

*Az osztrák intézmények megnevezése:* Geologische Bundesanstalt Wien, Institute of Geophysics, Mining University, Leoben, Institute of Meteorology and Geophysics, University of Vienna, Institut für Angewandte Geophysik, Leoben / Institute of Applied Geophysics, Leoben, Central Institute for Meteorology and Geodynamics, Vienna

## Irodalom

Csapó G., Meurers B., Ruess D., Szatmári G. (1993): Interconnecting gravity measurements between the Austrian and the Hungarian network. Geophysical Transaction 38/4, 251–259

Császár G. (szerk.) (2000): Danube Region Environmental Programme DANREG – Explanatory Notes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 142, 4

ELGI, EGS (1990): Vereinbarung über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Umweltschutzes und der Hydrogeologie zwischen der Magyar Állami Eötvös Loránd



- Geofizikai Intézet und der Environmental & Geophysical Services Austria Ges.m.b.H. ELGI (MGSz-nél), feldolgozás alatt
- Farkas I., Kardevan P., Rezessy G., Schmid Ch., Szabadváry L., Weber F. (1991): EM soundings in water- and brown-coal prospecting. Case histories. Geophysical Transactions 36/1–2, 103–111
- Gombár L. (1992): Kísérleti szeizmikus mérések Ausztriában. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1990. Évi Jelentése, 180–182
- György T. (1984): Bericht über die Maxi-Probe elektromagnetische Wasserforschungsmessungen in Burgenland. ELGI (MGSz-nél), feldolgozás alatt
- Gyurkó P., Hoffer E. (1983): Példák az ELGI külföldi tevékenységéből. Multifrekvenciás elektromágneses szondázás (MFS). MFS mérések Felső-Ausztriában. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1982. Évi Jelentése, 171–172, 176–177
- Gyurkó P., Szabadváry L. (1983): Példák az ELGI külföldi tevékenységéből. Multifrekvenciás elektromágneses szondázás. MFS mérések Alsó-Ausztriában. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1982. Évi Jelentése, 171–172, 179–180
- Gyurkó P., Kardeván P., Rezessy G., Szabadváry L. (1984): Példák az ELGI külföldi tevékenységéből. Multifrekvenciás elektromágneses szondázás (MFS). MFS mérések Felső-Ausztriában. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1983. Évi Jelentése, 123–128
- Hobot J. (1974): Függelék. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1973. Évi Jelentése, 75
- Hoffer E., Szabadváry L. (1983): Bericht über die Maxi-Probe elektromagnetische Frequenzsondierungen in dem Klagenfurter Becken. ELGI (MGSz-nél), feldolgozás alatt
- Hoffer E., Schönviszky L., Walach G. (1991): Geomagnetic investigations in the Austrian–Hungarian Border zone: the Kőszeg–Rechnitz mts. Area. Geophysical Transactions 36/1–2, 67–79
- Kilényi É., Kröll A., Obernauer D., Šefera J., Steinhauser P., Szabó Z., Wessely G. (1991): Pre-tertiary basement countour map of the Carpathian basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. Geophysical Transactions 36/1–2, 15–36
- Kónya A. (1987): Példák az ELGI külföldi tevékenységéből. Vibroszeizmikus mérések Ausztriában. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1986. Évi Jelentése, 178–179
- Kovács P., Heilig B. (2002): Földmágneses kutatások. Jelentés a 2002. Évi Tevékenységről, ELGI (MGSz-nél), AD.1925
- Mártonné Szalay E. (1998): Paleomágneses kutatások 1998. Ausztria, Horvátország, Lengyelország, Németország, Portugália, Románia, Szlovákia, Szlovénia. ELGI (MGSz-nél), AD.1693
- Mártonné Szalay E. (2000): Paleomágneses kutatások 1998–2000. ELGI (MGSz-nél), AD.1823

- Mártonné Szalay E. (2002): Pleomágneses kutatások 2002. ELGI (MGSz-nél), AD.1926
- Merényi L. (2001): Gravitációs kutatások. ELGI (MGSz-nél), AD.1881
- Merényi L. (2002): Gravitációs kutatások. ELGI (MGSz-nél), AD.1927
- Mészáros F., Ronyecz M. (2004): Az ELGI és GEO-LOG Kft. által végzett ausztriai mélyfúrás-geofizikai mérések. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, GEO-LOG Kft, Kutatási Főosztály Szelvénytár, GEO-LOG Kft.
- Nemesi L., Hricko J., Seiberl W., Šefera J., Szabó Z., Kovácsvölgyi S., Draskovits P., Tkacova H., Sőrés L., Varga G. (1997): A nemzetközi DANREG program geofizikai eredményei. *Geophysical Transactions* 41/3–4, 95–159
- Nemesi L. (szerk.), Šefera J., Varga G., Kovácsvölgyi S. (2000): Results of deep geophysical survey, In: Császár G. (szerk.) 2000: Danube Region Environmental Programme DANREG – Explanatory Notes. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 142/4, 561–568
- NN (1974): K–1 Schneidergraben. A: Bohrlochmessungen. B: Seismische Bohrlochmessungen. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Kutatási Főosztály Szelvénytár, 18
- NN (1978): Függelék. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1977. Évi Jelentése, 113–114
- Nyitrai T. (1977): Jelentés az Ausztriában végzett geofizikai mérésekről. ELGI (MGSz-nél), Sz–157
- Posgay K., Albu I., Mayerova M., Nakládlová Z., Ibrmajer I., Bližkovský M., Aric K., Guthdeutsch R. (1991): Countour map of the Mohorovičić discontinuity beneath Central Europe. *Geophysical Transactions* 36/1–2, 7–13
- Ráner G., Veró L. (1973): Bericht über die in Kreuth bei Bleiberg durchgeführten geophysikalischen Messungen. ELGI (MGSz-nél), U–207
- Seiberl W. (ed.), Oberlecher G., Kovácsvölgyi S., Schönviszky L., Páncsics Z., Filo M., Kubeš P. (2000): Danube region Vienna–Bratislava–Budapest. In: Császár G. (szerk.) 2000: Danube Region Environmental Programme DANREG – Explanatory Notes. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 142, 4
- Szabadváry L. (1985): Bericht über die Ergebnisse der im September des Jahres 1984 in den Umgebung von Güttenbach (Burgenland) durchgeführten Frequenzsondierungen. ELGI (MGSz-nél), feldolgozás alatt
- Szabadváry L. (1992): Beszámoló az osztrák–magyar geofizikai együttműködésről. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1990. Évi Jelentése, 176–178
- Szabadváry L., Rezessy G. (1988): Vorbericht über die Maxi-Probe elektromagnetische Frequenzsondierungen in den Umgebung von Feurbach, St. Willibald, Heiligenberg und Sigharting (August, 1988). ELGI (MGSz-nél), feldolgozás alatt
- Szabadváry L., Viola B. (1981): Bericht über die Maxi-Probe EMR–16 Frequenzsondierung, am 20. 10. 81. ELGI (MGSz-nél), feldolgozás alatt
- Szabadváry L., Viola B. (1982): Bericht über die Maxi-Probe elektromagnetische Frequenzsondierungen in der Umgebung von Sigharting. ELGI (MGSz-nél), feldolgozás alatt

- Szörényi Z. (1984): Bericht über die Maxi-Probe Messungen in der Umgebung von Oberwart. ELGI (MGSz-nél), feldolgozás alatt
- Tímár Z. (2000): Működési jelentés a 2000. évi külső tevékenységről. Alaptevékenység keretében végzett 2000. évi külső szolgáltatások. ELGI (MGSz-nél), AD.1829
- Tonka P., Szongoth G. (1993a): Mélyfúrás-geofizikai mérések Semmering területén (S–9). Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Kutatási Főosztály Szelvénytár, 262
- Tonka P., Szongoth G. (1993b): Mélyfúrás-geofizikai mérések Semmering területén (S–10). Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Kutatási Főosztály Szelvénytár, 294
- Varga G. (1995): Magnetotelluric survey in the Vienna basin. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Térképezési Főosztály
- Varga G., Nemesi L. (2000): Danube region Vienna–Bratislava–Budapest, Results of the magnetotelluric measurements (térkép). In: Császár G. (szerk.) 2000: Danube Region Environmental Programme DANREG – Explanatory Notes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 142, 4
- Vértesy L., Sörös L., Madarasi A. (1996): Vorbericht über die Ergebnisse der magnetotellurischen und transienten-elektromagnetische Messungen in der Umgebung des Rechnitzer Gebirges. ELGI (MGSz-nél), AD.1480

## 9.5. Szlovákiai munkák

*Ráner Géza<sup>†</sup>*

### 9.5.1. Bevezetés

A csehszlovák–magyar kapcsolatokban kialakításában komoly szerepe volt *Posgay Károlynak*. A nemzetközi kéregkutató szelvények jelentették az első közvetlen munkakapcsolatokat. (Az Ipoly sem jelentett akadályt, hogy 1964-ben csatlakozó méréseket végezzünk.)

A csehszlovák geofizikusokkal a kapcsolatok a kezdeti évektől kiindulva nagyon jók voltak. A szakmai és társadalmi kapcsolatokban nagyon sokat jelentett a Magyar Geofizikusok Egyesületének nemzetközi tevékenysége (MGE 2004). Nagyon jó személyes, baráti kapcsolat volt *Jaroslav Ibrmajer*, *Ivan Marusiak* és *Müller Pál* között. A későbbiekben nagyon sok baráti kapcsolat alakult ki, melyek jó része ma is él.

A csehszlovák–magyar geofizikai együttműködés megszervezésére a Geofizika n.p. részéről *Cidlinsky Karel*, az ELGI részéről *Ráner Géza* és *Kónya Albert*

kapott megbízást. Az együttműködés kialakításában *Obernauer Dusannak* voltak elévülhetetlen érdemei, aki azóta is nagyon aktív az adódó lehetőségek felkutatásában.

Bár egy politikai és gazdasági rendszerhez tartoztunk, országaink fejlődése eléggé zárt, elkülönült rendszerekben folyt. A hangzatos együttműködési jelszavak ellenére kezdetben csak kevés területen sikerült tényleges munkavégzést megvalósítani. A gazdasági együttműködések akkori divatos formája a barterügylet volt, csak így kaphattunk külkereskedelmi engedélyt. Itt találkoztunk belső árrendszereink sajátos ellentmondásaival. Rendkívül sok, nyakatekert magyarázatra volt szükség, hogy főhatóságaink az általunk helyesnek tartott árakat elfogadják. Az eltérések alapja az amortizáció figyelembe vétele vagy elhagyása, valamint a belföldi és külföldi kiküldetések közötti különbség volt. A csehszlovák geofizikai kutatásoknál komoly problémát jelentett a kötött munkaerő-gazdálkodás, sokszor nem kaptak a terepi kutatásoknak megfelelő dolgozókat. A szeizmikus mérések ára a csehszlovák fél számára kedvező volt, míg a gravitációs mérések ára számunkra nehezen volt elfogadtatható. A sikeres tárgyalásokban nagyon sok ember közös törekvése vezetett sikerre.

Csehszlovák Köztársaságot az Osztrák–Magyar Monarchia felbomlása után 1918. november 14-én kiáltották ki. Csehszlovákián belül Szlovákia államjogi helyzete fokozatos változásokon ment át. 1969. január 1-jén Csehszlovákia szövetségi köztársasággá alakult. A szövetségi intézmények mellett külön cseh és szlovák kormány és nemzeti tanács alakult, önálló cseh és szlovák minisztériumok, intézmények alakultak. A földtani kutatás irányítása Szlovákiában köztársasági feladattá vált. Ez a kutatási igények jelentős növekedésével járt együtt. Szlovákiában a bányászat régi hagyományai miatt a földtani kutatás helyzete mindig kedvezőbb volt. Ez jól érvényesült a kilencvenes években, amikor hozzánk viszonyítva, a földtani kutatás visszaesése jóval kisebb volt.

Csehszlovákiában a Geofizika n.p. Brno végezte az alkalmazott geofizikai kutatásokat. A vállalat vezetője *Jaroslav Ibrmajer* volt. Szlovákiában a pozsonyi (bratislavai) részleg irányította a kutatásokat, vezetője *Ivan Marusiak* volt. A brnoi vállalat lényegében a geofizika valamennyi területét lefedte, míg a pozsonyi (bratislavai) részleg csak egyes területeket (gravitáció, mágnesség, geoelektrika, mélyfúrás-geofizika stb.) művelt.

## 9.5.2. A Szlovákiában végzett geofizikai mérések fontosabb feladatainak ismertetése

### 9.5.2.1. Szeizmikus mérések

*A Rimaszombati-medencében végzett refrakciós mérések.* A Rimaszombati-medencében (Rimavská Kotlina) három refrakciós vonalat mértünk (1R/77, 2R/77, 3R/77). A szelvényeken a nagy sebességű képződmények felszínét szerkesztettük meg (Kónya et al. 1977). A mérések az adott időszak lehetőségeinek megfelelően sikeresek voltak.

Ma már a szeizmikus tomográfia, ami ha belegondolunk a régi időellenőrzése refrakciós kiértékelés továbbvitele, valószínűleg másképpen viszonyulnánk a feladathoz.

*A Szlovák-érchegységben végzett mélyszeizmikus mérések.* A Szlovák-érchegységben 1992-ben és 1993-ban végeztünk mélyszeizmikus méréseket a Geocomplex a.s. megbízásából (Szalay 1992, 1993a, b).

A kutatások vezetője *Szalay István* volt. A kutatások supervisora *Čestimir Tomek*, geológiai konzultánsa *Jozef Vozár* volt. A terepi munkákat *Borbély György* (1992) és *Balás László* (1993) irányította. A mérési anyag feldolgozása *Petrovics Ilona* irányításával történt.

A méréseket MDS-16 telemetrikus műszerrel végeztük, robbantásos rezgéskeltéssel. A szükséges fúrásokat szlovákiai vállalkozók biztosították. A vonal mérése *Szalay István* teljes megelégedésével hegyen-völgyön át folyt.

A G-1 szelvény végleges feldolgozása és értelmezése *Vozár, Šantový* (1999) szerkesztők összeállításában tanulmányozható. A szelvényeken a mély szintek D-ről É felé emelkednek.

*Tribeč (Tribecs) környékén végzett szeizmikus mérések.* A radioaktív hulladékok elhelyezése nemcsak nálunk probléma, hanem Szlovákiában is. A terület kiválasztására irányuló kutatások keretében *Tribeč (Tribecs)* térségében végeztünk reflexiós méréseket. A mérések első beérkezéseinek alapján sebességtomográf-kiértékelést is készítettünk. A sikeres mérések *Hegedűs Endre* kiváló érzékét bizonyították, aki tudott tanulni a hasonló célú üveghutai mérések tapasztalataiból, s merte javasolni és alkalmazni az ottani vitatott eljárásokat.

*Polyána hegységben végzett kutatások.* *Polána (Polyána)* hegységben a szlovák kollegákkal együttműködve végeztünk érckutatási célzattal kutatásokat. A

mérésekről készült jelentések címét még nem sikerült felderítenünk, így csak szóbeli ismeretekre hagyatkozhatunk. A méréseket a MÉV geofizikusaival együtt végeztük. A geodéziai munkákat a MÉV részéről *Keresztes László* irányította. A GP-méréseket *Király Ernő*, míg a VLF- és VESz-méréseket *Tóth Csaba* irányította (Tóth 1988, 1989). A hegységben *Géresi Gyula* (MÉV) vezetésével radiometriai mérésekre is sor került.

#### 9.5.2.2. Magnetotellurikus mérések

A magnetotellurikus mérések területén különösen jó kapcsolat alakult ki a szlovák kollégákkal. Szlovákiában a lengyel és magyar geofizikusok végeznek ilyen kutatásokat.

Az első magnetotellurikus méréseket Csehszlovákiában a Morva-medencében végeztük (Varga et al. 1977)].

1988-ban a 2T vonalon végeztünk magnetotellurikus kutatásokat (Varga, Láda 1988). A szelvény külön érdekessége a kárpáti vezetőképességi anomália tanulmányozása volt.

A DANREG program keretében mértük az SDU-1, -2, -3 és -4 magnetotellurikus szelvényeket, melyek a megfelelő magyar szelvényekhez kapcsolódnak (Varga 1992). A mérések legfontosabb eredménye, hogy az aljzaton belüli jól vezető képződmények alapján igazolta a Rába- és a Hurbanovo- (Ógyalla-), valamint a Diósjenői-vonal közötti kapcsolatot (Nemesi et al. 1997). A magyar, osztrák és szlovák területen végzett mérések eredményeit a DANREG program eredményeit ismertető kiadványban egy szelvénytérképen adtuk közre (Varga, Nemesi 2000). A szelvénytérképen megadott eredmények feldolgozása 1D inverzióval készült. Azóta elkészítettük a szelvények 2D inverzióját is. Ez a leképezés lényeges változást jelent a korábbi feldolgozásokhoz képest, mert a Rába- és Hurbanovo- (Ógyalla-) vonalon a Mur–Mürz-zónához hasonló keskeny kis ellenállású zónát sikerült kimutatnunk.

2003-ban a CELEBRATION–15 szelvényen végeztünk magnetotellurikus vizsgálatokat (Varga, Madarasi 2003g).

#### 9.5.2.3. Mérnök-geofizikai kutatások

*Jósa Ernő* hihetetlen mozgékonyásával minden munkalehetőséget megtalált, hogy sikeresen alkalmazza az általa kidolgozott és alkalmazott geofizikai mód-

szereket. *Jósa Ernő* és csapata ott volt minden hazai nagyberuházásnál, de ha megtekintjük az irodalomjegyzéket, ott volt Szlovákiában is a bős–nagymarosi vízilépcső-rendszer és kapcsolódó beruházásainak mérnökgeológiai vizsgálatainál. Mérnök-geofizikai vizsgálatokra került sor a Nováky (Nyitra Novák) erőmű zagytározóinak kutatásával kapcsolatban is.

#### **9.5.2.4. Alginít kutatás**

1977-ben a Várkesző–Egyházaskesző környékén végzett alginít kutatásban a cseh-szlovák geofizikusok részvételével helikopteres légi mágneses mérésekre került sor. Az ekkor kialakult szakmai kapcsolatok eredményeként 1992-ben egy szlovák–magyar alginít kutatási program indult (Ravasz et al. 1993). A program keretében tranziens elektromágneses méréseket végeztünk a Losonci-medencében Lučenská Kotlina (Újszászi, Tóth 1993).

#### **9.5.2.5. Mélyfúrás-geofizikai vizsgálatok**

Szlovákiában egy nagyon jól átgondolt termálvíz-program folyt. (Nálunk is volt ilyen, de hamarabb abbamaradt.) A fúrásokat és az azokhoz tartozó mélyfúrás-geofizikát a VIKUV végezte, a szelvények kiértékelésében vett részt az ELGI. *Mészáros Ferenc* volt a munkálatok egyik irányítója. Munkájukat mintegy 21 jelentés őrzi. A fúrások jegyzékét az irodalomjegyzékben adjuk meg.

Az ELGI a rendelkezésre álló adatok alapján csak egy fúrásban végzett – VIKUV megbízás alapján – cementezés-ellenőrzési vizsgálatokat (Karas 1983).

#### **9.5.2.6. Szeizmikus feldolgozás**

Szlovákiában a mélyszeizmikus reflexiós szelvények egységes feldolgozását és értelmezését sikerült megvalósítani, melynek eredményeit egy reprezentatív kiállítású kötetben jelentették meg (Vozár, Šantový 1999). A mélyszeizmikus reflexiós szelvények feldolgozásában az Intézet is aktív részt vállalt. Az újrafeldolgozást *Scholtz Péter* irányította, illetve végezte.

A feldolgozás sok szempontból tanulságos számunkra. Egy egységes feldolgozás nagyobb lehetőséget biztosít a szelvények közötti összehasonlításoknál, másrészt a magyarországi szelvények szlovákiai folytatását is tanulmányozhatjuk.

A szelvények nyomdai úton való megjelenítése csak részben volt sikeres Scholtz Péter véleménye szerint. A szelvényeken a Mohorovičić-diszkontinuitást következetesen igyekeztek jelölni, de csak gyenge, rosszul követhető reflexiós felületelemeket kaptak. A kapott gyengébb eredmények oka a nem kellően kis-frekvenciás terepi technikával függhet össze, vagy ténylegesen az erős tektonikai változások miatt a diszkontinuitás kialakulása még nem fejeződött be.

A harmadidőszaknál idősebb összletben a reflexiós felületeket első- és másodrendű törés- vagy határfelületekként értelmezték. A két felülettípus közötti elválasztás sokszor – érthető okokból – nem következetes. A harmadidőszaki képződmények alatt a felszínről és fúrásokból ismert földtani egységeket igyekeztek jelölni több-kevesebb sikerrel. A Mohorovičić-diszkontinuitás és az így jelölt egységek között az alsó kéreg változásait értelmezték. Külön elkülönítették a jól reflektáló kéreg részeket (intensive reflective layer / vysoko reflektívna zóna).

### 9.5.3. Az expedíciók évenkénti rövid ismertetése

**1976:** A Nováky (Nyitránovák) Hőerőmű salak- és zagytározójának építésföldtani vizsgálatának keretében VESz és MGSz méréseket végeztünk (Jósa 1976a,b).

**1977:** Refrakciós méréseket végeztünk a Rimaszombati-medencében (Rimavská Kotlina) (Kónya et al. 1977). A Morva-medencében magnetotellurikus méréseket végeztünk 4 szelvény mentén (Varga et al. 1977).

**1977–1980:** Poľana (Polyana) kutatására közös magyar–szlovák kutatásokat folytattunk.

**1978:** Magnetotellurikus méréseket végeztünk a Morva-medencében (Varga et al. 1977). Nováky–Chalmová (Nyitránovák–Bisztricsány) térségében VESz és MGSz vizsgálatokat végeztünk a zagytároló építésföldtani vizsgálatának keretében (Jósa 1977)

**1979–1981:** Hrušov (Magasmajtény) térségében a tározótöltés vizsgálatára végeztünk HESz és MGSz méréseket (Jósa 1979, Magyar, Vargáné 1980, NN 1981).

**1981:** Az Ipeľ (Ipoly) öblözetének bevédésével kapcsolatban VESz-méréseket végeztünk a chľabai-öblözetben (Helemba) (Jósa 1981). Jeseník és Bratislava (Pozsony) térségében MFS bemutatót tartottunk (Antal 1979).

**1986:** Az Ipeľ (Ipoly) öblözetének szalkai szakaszán végeztünk mérnök-geofizikai méréseket (Jósa 1986).



**1987:** Štúrovónál (Párkány) végeztünk mérnök-geofizikai vizsgálatokat a Duna bal partján (Jósa 1987).

**1988:** A 2T regionális vonalon magnetotellurikus szondázásokat végeztünk Valaská és Gemerský Jablonec között (Varga, Lada 1988). A méréseket az Intercooperation és a Srojexport bonyolította. A Chľabai-öblözetben (Helemba) és a Hron (Garam) jobb és bal partján végeztünk mérnökgeofizikai vizsgálatokat (Jósa 1988a,b,c).

**1988–1989:** Trebišovnál (Tóketerebes) végeztünk MFS méréseket.

**1991:** A *Geophysical Transactions* 36. kötetében a csehszlovák–magyar-osztrák együtt működést nagyon jól szemléltető térkép jelent meg: a Mohorovičić-diszkontinuitás szeizmikus adatokból szerkesztett mélységtérképe és a Kárpát-medence harmadidőszaki medencealjzatának mélységtérképe (Posgay et al. 1991, Kilényi et al. 1991).

**1992:** A Szlovák-érchegységben (Slovenske Rudohorie) a Geocomplex a.s. megbízásából végeztünk mélyreflexiós méréseket. A G-1/92 vonal a magyar–szlovák határtól (Janik) indult. 1992-ben mintegy 22 km-es szakasz lemérésére került sor (Szalay 1992, 1993a). A feldolgozott szelvényt, földtani értelmezésével Vozár és Šantový (1999) szerkesztésében készült albumban tanulmányozhatjuk. A Szlovákiában tervezett alginitkutatás előkészítésére Tóth Csaba közreműködésével a MÁFI-val együtt működve tervet dolgoztunk ki (Ravasz et al. 1993). A DANREG kertében magnetotellurikus méréseket végeztünk Rába-vonal folytatásának vizsgálatára (Varga 1992).

**1993:** A G-2/93 vonalon az előző évben megkezdett méréseket folytattuk a G-1/92 vonal É-i részétől kiindulva (Szalay 1993bg). A Krompacky–Lačnov (Bachuren) között mért vonalat így csatlakoztattuk a lengyelek által mért vonalhoz. A Losonci-medencében (Lučenec area) Jelšovec (Jelsőc) és Pinciná (Pinc) körzetében tranziens elektromágneses méréseket végeztünk PROTEM műszerrel (Ravasz et al. 1993, Újszászi, Tóth 1993). A méréseket a Geocomplex a.s. Bratislava és az ELGI közötti szerződés alapján végeztük.

**1996:** A szlovákiai reflexiós mélyszeizmikus szelvények feldolgozásában az Intézet is részt vett. Az ELGI-ben folyó feldolgozást Scholtz Péter végezte, illetve irányította (Vozár, Šantový 1999).

**1999:** Vozár és Šantový (1999) szerkesztésében kiadták a Szlovákiában mért reflexiós mélyszeizmikus szelvények egységes feldolgozását és értelmezését bemutató albumot.

**2000:** Elkészült és kiadásra került a DANREG program eredményeit ismertető kiadvány és térképsorozat (Császár et al. 2000).

**2001:** Tribeč (Tibecs) térségében reflexiós és elsőbeérkezései tomográfméréseket végeztünk. A kutatások a radioaktív hulladékok tárolóinak kijelöléséhez kapcsolódtak.

**2003:** Magnetotellurikus méréseket végeztünk a cseh és magyar határ közötti területen a CELEBRATION 15-ös vonalán (Varga, Madarasi 2003).

*Cseh és szlovák együttműködők: Bližkovský Milan, Bodnár Ján, Cidlinsky Karel, Ibrmajer Ivan, Ibrmajer Jaroslav, Samsula Jiří, Mayerová Milica, Nakládalová Zelenka (Geofyzika n.p. Brno), Obernauer Dusan (Geofyzika n.p. Bratislava), Šefera Ján (Geofyzika n.p. Bratislava, Comenius University, Bratislava), Šantavý J., Vozár Jozef*

## Irodalom

- Antal A. (1981): EM frekvenciaszondázási görbék Jeseník és Bratislava térségéből. ELGI (MGSz-nél), Császár G. (szerk.) 2000: Danube Region Environmental Programme DANREG – Explanatory Notes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 142, 4
- Jósa E. (1976a): Mérnökgeofizikai szakvélemény a CSSR Nováky Hőerőmű salaktározójának földtani felépítéséről. MG–88
- Jósa E. (1976b): Mérnökgeofizikai szakvélemény a CSSR Nováky Hőerőmű „Karambolos zagytározójának” rekonstrukciójához. MG–93
- Jósa E. (1977): Mérnökgeofizikai szakvélemény a CSSR Nováky–Chalmová területéről. MG–113
- Jósa E. (1979): Beszámolójelentés a CsSzK Hrušov-i tározójának mérnökgeofizikai feltárásáról. MG–135
- Jósa E. (1981): Szakvélemény a CsSzK Ipoly-öblözet bevédésével kapcsolatos geofizikai kutatásról. MG–162
- Jósa E. (1986): Szakvélemény az Alsó-Ipeľ öblözet szalkai szakaszának bevédéséhez végzett mérnökgeofizikai kutatásokról. ELGI (MGSz-nél), MG–225
- Jósa E. (1989): Műszaki leírás a Štúrovó-i öblözet Duna-balparti szakaszának bevédésével kapcsolatos mérnökgeofizikai szelvényhez. ELGI (MGSz-nél), MG–237
- Jósa E. (1988a): Szakvélemény a Chľaba-i öblözet bevédésével kapcsolatos mérnökgeofizikai kutatásról. ELGI (MGSz-nél), MG–243
- Jósa E. (1988b): Szakvélemény a Garam balparti öblözetének bevédésével kapcsolatos mérnökgeofizikai kutatásról. ELGI (MGSz-nél), MG–245
- Jósa E. (1988c): Szakvélemény a Garam jobbparti öblözetének bevédésével kapcsolatos mérnökgeofizikai kutatásról. ELGI (MGSz-nél), MG–247
- Karas Gy. (1983): Megjegyzések a Šastyn-Straže RGL–2 jelű csehszlovákiai hévízkutató fúrás akusztikus cementméréséhez. (VIKUV megbízás), 496

- Kilényi É., Kröll A., Obernauer D., Šefera J., Steinhauser P., Szabó Z., Wessely G. (1991): Pre-tertiary basement countour map of the Carpathian basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. *Geophysical Transactions* 36/1–2, 15–36
- Kónya A., Bodnár J., Husák L. (1977): Závěrečná správa a refrakčno-sismickom prieskume v roku 1977. (Jelentés az 1977. évi szeizmikus refrakciós mérésekről). ELGI (MGSz-nél), Sz–173
- Magyar B., Varga J-né (1980): Szakvélemény a CzSzk Hrušov-i védvonalának mérnökgeofizikai feltárásáról. MG–149
- Mészáros F., Bihari L-né., Molnár E. (1988): Jelentés a Bešeňova ZGL–1 jelű fúrás geofizikai mérési anyagának számítógépes feldolgozásáról, 91
- MGE (2004): 50 éves a Magyar Geofizikusok Egyesülete 1954–2004, Magyar Geofizikusok Egyesülete, Budapest
- Nemesi L., Hricko J., Seiberl W., Šefera J., Szabó Z., Kovácsvölgyi S., Draskovits P., Tkacova H., Sőrés L., Varga G. (1997): A nemzetközi DANREG program geofizikai eredményei. *Geophysical Transactions* 41, 3–4, 95–159
- Nemesi L. (szerk.), Šefera J., Varga G., Kovácsvölgyi S. (2000): Results of deep geophysical survey. In: Császár G. (szerk.) 2000: Danube Region, Environmental Programme DANREG – Explanatory Notes. *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 142/4, 561–568
- NN (1981): Szakvélemény a CsSzk Hrušov összekötőtöltésének és szivárgócsatornájának mérnökgeofizikai feltárásáról. MG–158
- Posgay K., Albu I., Mayerova M., Nakládalová Z., Ibrmajer I., Bližkovský M., Aric K., Guthdeutsch R. (1991): Countour map of the Mohorovičić discontinuity beneath Central Europe. *Geophysical Transactions* 36/1–2, 7–13
- Ravasz Cs., Solti G., Tóth Cs. (1993): Final report on the alginite prospecting geological–geophysical survey in the Southern Slovakian Basin (Slovakian–Hungarian alginite prospecting project 1992–93). ELGI (MGSz-nél), AD. 1301
- Szalay I. (1992): Report on seismic reflection measurements in the area of Slovenske Rudohorie in 1992. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály, ELGI (MGSz-nél)
- Szalay I. (1993a): Report on seismic reflection measurements in the area of Slovenske Rudohorie in 1992. Part 2. Time sections of deep penetration. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály, ELGI (MGSz-nél)
- Szalay I. (1993b): Report on seismic reflection measurements in the area of Slovenske Rudohorie in 1993 (Branisko). Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Szeizmikus és Számítástechnikai Főosztály, ELGI (MGSz-nél)
- Tóth Cs. (1978): Függelék az 1978. évi Poljana hegységben végzett geofizikai mérések technikai jelentéséhez. ELGI (MGSz-nél), U–533
- Tóth Cs. (1979): Appendix some remarks about the interpretation procedure of geophysical prospecting Poljana Mountains. ELGI (MGSz-nél), 247

- Újszászi J., Tóth Cs. (1993): Preliminary report on the transient survey for maar structures in South-Slovakia in 1993. ELGI (MGSz-nél), AD. 1302
- Varga G. (1992): Report on the measurements in Slovakia, on the area between the Danube and Lesser Danube. ELGI (MGSz-nél)
- Varga G., Láda F. (1988): Magnetotelluric measurements along profile 2T. ELGI (MGSz-nél)
- Varga G., Nemesi L. (2000): Results of the magnetotelluric measurements. In: Császár G. (szerk.) 2000: Danube Region Environmental Programme DANREG – Explanatory Notes. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 142, 4
- Varga G., Nemesi L., Draskovits P. (1977): Magnetotellurikus mérések a Morva-medencében (A jelentés orosz nyelven készült). Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Térképezési Főosztály
- Varga G., Madarasi A. (2003): Report on the magnetotelluric survey in the Slovak Republic along profile MT15. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Térképezési Főosztály
- Vozár J., Šantavý J. (szerk.) 1999: Atlas of Deep Reflection Seismic Profiles of the Western Carpathians and their Interpretation. Ministry of Environment of Slovak Republic, Geological Survey of Slovak Republic, Geocomplex a.s. Bratislava

## 9.6. Expedíció Iránban

*Kakas Kristóf*

### 9.6.1. Vízkutatás Khatunabádban, 1974

1974 nyarán egyszerre két munkát vállalt az ELGI, mindkettőt a GAMANEH (teheráni szakértői cég) és a NIKEX szerződéskötése alapján. Az egyik munkát *Salamon Batur* végezte: vízkutatásra kifejlesztett sekélykarotázs-műszer elindítása és a használatba való betanítás volt a feladat. A másik megbízás keretében *Simon Pál* és *Kakas Kristóf* két hónap alatt 107 vertikális szondázást mért a Shahr-Chesmeh rézbánya vízbázisának feltérképezésére a khutanabaádi völgyben a Dasht-e-Lut sivatag DK-i peremén, Kermantól ÉNY-ra.

A világ egyik legnagyobb porfíros rézérc-előfordulásának kiaknázásához (1,2 milliárd t érckészlet 0.7 (!) réztartalommal) a bánya és a dúsító vízigényének kielégítéséhez olyan vízbázist kellett találni, amely 50 évre lesz elegendő. A feladat a kijelölt terület geoelektromos felmérése volt. A végleges feldolgozásnál a szondázási görbék kiértékelését számítógépes modellszámításokkal ellenőriztük, ami akkor újdonság volt. Meg tudtuk rajzolni a vízadó összlet vastagságát,

becslést adtunk az összlet agyagtartalmára, sőt meg tudtuk határozni a vízbázisra DNY felől benyomuló sósvíz-front helyzetét is. A rétegkonfigurációk ismeretében brit hidrogeológusok számították ki a front előrehaladásának ütemét, és a vízmű fúrásait (50 év élettartamra) ennek tudatában telepítették. A világ egyik legnagyobb rézbányája 25 éve működik, termelési értéke 150 M USD/év.

### 9.6.2. A Sabalan vulkán graviméteres felmérése, 1977–1978

1976-ban az iráni sah kormánya ambiciózus tervet vázolt fel Irán geotermikus erőforrásainak kihasználására. Ennek keretében a vulkáni Sabalan hegység előkutatásának graviméteres tenderét nyertük el. 1977 és 1978 őszén 3-3 hónap terepi munkával 1800 pont gravitációs felmérését végeztük. Irán ÉNY-i részén, *Bagi Róbert, Illés György, Bagi József* (1977), *Hegymegi László* (1978) és *Kakas Kristóf* részvételével. Az újdonságok és érdekességek a következők voltak:

- A kutatási terület nehezen járható, főleg magas hegység volt. Itt minden terepi tapasztalatunkra szükség volt, hogy a kijelölt vonalakat az első évben a Worden graviméterrel le tudjuk mérni. A második évben sikerült (elsőként az embargóval sújtott keleti blokk történetében) egy kiváló, 12 órás zárást is lehetővé tevő LaCoste-Romberg gravimétert bérelni, így tudtuk például lemérni az ELGI történetének legalacsonyabb és legmagasabb gravitációs állomását (4010 m, Sabalan északi lejtő és –24 m és Astara bázispont a Kaszpi tenger partján).
- Külön baj volt a szintezéssel, amelyet egy másik alvállalkozónak kellett volna elvégeznie. Ahhoz hogy befejezhessük a programot, az ELGI a szerződés bevételéből megvette az akkor csúcsszintet képviselő Wild Distomat lézerteodolitot, amellyel 2-3 km állástávolságú szintezéseket tudtunk végezni.
- Először az ELGI történetében, a teljes terepi feldolgozás tábori körülmények között egy HP97 kézi számítógéppel végeztük (a gravitációs feldolgozó csomagot *Dövényi Péter*, a geodéziait *Kakas Kristóf* írta meg).
- A végleges jelentés térképeinek előállításához először használtuk az R35 nagyszámítógépre kifejlesztett térképszerkesztő és -rajzoló programot.

A fiatal korú trachidácitból felépül, most 14 km átmérőjű kalderából álló Sabalan vulkán egy K–Ny csapású, idősebb vulkáni kőzetekből felépült hegyláncon ül. Akkori értelmezésünk szerint a másodlagos gravitációs maximumok

kijelölik a miocén batolitokat és az eocén trachiandezittömegeket, a szerkezeti vonalakat pedig a derivált térképek jelzik. A geotermikuspotenciál-felmérés területéről jelentésünkben a kalderaperemi másodlagos maximumok zónáját javasoltuk.

Az iszlám forradalom miatt a projekt csak 1995-ben folytatódott. 1998-ban MT és tranziens szondázásokkal kutattuk meg a kaldera peremét, keresve a geotermikus aktivitásra jellemző kis ellenállású és közepes (300–2000 m) mélységű zónákat. A talált öt jól vezető tömeg közül a legígéretesebb a Meshgijn-Shahrtól 16 km-re DK-re levő Moil-völgyi volt. 2002-ben bejelentették, hogy Irán első geotermikus erőműve itt fog felépülni 100 MW kapacitással, és a hat db 3500 m-es fúrás lemélyítését megkezdték.

### **9.6.3. Mérnökseizmikus mérések a Zagrosz helységben, 1978**

1978 őszén egy másik szerződést is sikerült elnyerni Iránban. *Kónya Albert, Haász József és Gőz Géza* feladata a Chalus folyón építendő vízierőmű gátjának geotechnikai tervezéséhez kőzetszilárdsági adatok szolgáltatása sekélyseizmikus mérésekkel.

Mindkét mérőcsoport 1978 őszén már nagyon érezte az iszlám forradalomhoz vezető népmozgalom hatását, a sah rendszerének meggyengülését. Amíg 1977-ben mindenhol nagy tekintélynek örvendtünk az amerikai hadseregéhez hasonló magyar katonai gyakorlóruhák miatt, 1978-ban már csak „civilben” mertünk járni. Alvállalkozóink fegyelme romlott (ezért kellett a geodéziai munkákat saját magunknak befejezni), és volt részünk könnygázban is. Végül úgy tértünk haza, hogy felszerelésünk egy része kinn maradt, és a Sah bukásával együtt elvesztett bevételünk jelentős hányada is.

# 10. fejezet

## **Az eddig nem tárgyalt intézeti egységek és tevékenységek**

*Bodoky Tamás, György Lajos, Hegybíró Zsuzsanna, Jávorka Péterné,  
Mészárosné Jelinek Beáta, Németh Lajos, Scholtz Péter,  
Szabóné Kilényi Éva, Szalai József, Tímár Zoltán,  
id. Zilahy-Sebess László<sup>†</sup>*

## 10.1. Számítógépközpontok

*id. Zilahi-Sebess László<sup>+</sup>, Tímár Zoltán, Scholtz Péter, Bodoky Tamás*

### 10.1.1. MINSZK-2 – Felkészülés a számítástechnika intézeti bevezetésére (1965–1970)

A hatvanas évek közepén megszerveztük a szeizmikus digitális kutatólaboratóriumot is (Posgay 1985), azaz az analóg, mágnesszalagos regisztrálású műszerek gyártásba vitelével párhuzamosan megindult a számjegyes adatgyűjtő műszer-típus és egy kisebb digitális kiértékelőközpont fejlesztése is. Az országban is még kialakulóban volt a digitális technika, ezért megkerestük azokat az intézményeket (KFKI, HIKI, GOM, MECHLABOR, EMG), amelyek egy-egy résztemában segítségünkre lehettek. Ezeknek az együttműködéseknek jelentős szerepe volt abban, hogy a hatvanas évek végére elkészülhetett az első, kísérleti, digitális, szeizmikus berendezés: az SDT-1, majd annak a terepi tapasztalatok alapján javított változata: az SDT-2 (Posgay, Korvin, Vincze 1971).

Az analóg és digitális technika átmeneti feldolgozó eszköze volt a digitális minicentrum, az SDC-1. Ez mind analóg, mind digitális felvételek digitális feldolgozására alkalmas volt. Fontos eleme volt az A/D átalakító és a konvolver. Az utóbbi a mintavételezett jelek konvolúciós szűrésére is alkalmas volt. A minicentrumon csatornánként végeztük a digitálisan végrehajtott statikus és dinamikus korrekciót, majd az összegzés (stacking) után D/A átalakítás és analóg szűrés, amplitúdószabályozás és a szelvényírás következett.

Ekkor az Intézetnek még nem volt saját számítógépe, a számítógépes feladatokra gépidőt bérelt számítógéppel már rendelkező cégeknél. Elsősorban a Központi Statisztikai Hivatalnál (KSH). A KSH saját vállalatát, az SGAV-t (későbbiekben Számítástechnikai és Ügyviteli Vállalat – SZÜV) bízta meg a számítástechnikai eszközök üzemeltetésével, ők azonban ügyviteli jellegű munkát végeztek, tudományos feladatokra nem voltak felkészülve. Az általuk beszerzett MINSZK-2 géphez, hogy az egyáltalán működni tudjon, például alapszubrutin-rendszert kellett kidolgozni. De számos geofizikai feladat is várt megoldásra, ezért a Magyar Geofizikusok Egyesülete számítógépes tanfolyamot indított *Zilahi-Sebess Lászlóné* matematikus vezetésével.

Közben a MINSZK-2 számítógépet a KSH eladta az INFELOR-nak. Ott *Zilahi-Sebess Lászlóné* matematikus biztosította a geofizikai feladatok futtatását,



programozó csoportjának tagjai az ELGI dolgozói voltak. Időközben újabb számítógépek is megjelentek az országban, így a fokozódó számítógépes szükségletek kielégítésére más lehetőséget is igénybe lehetett venni, például az Intézet szeizmikus programozó csoportja a Honvédség, illetve a „Május 1” Ruhagyár MINSZK-2 gépeinek használatára is vásárolt gépidőt.

Az ELGI-ben „1965-ben a gépi számítás lényegében már a teljes geofizikai profilt meghódította” – írja *Zilahi-Sebess* az 1965-ös *Évi Jelentés*ben. Ez alatt természetesen még nem a digitális adatfeldolgozást és értelmezést kell érteni, hanem az olyan, korábban kézi módszerekkel végzett számításokat, mint például a szeizmikus sugárdiagrammok, geoelektromos görbeseregek, gravitációs hatószámítások stb. számítása.

Emellett tanulmányozzák az Országos Számítástechnikai és Ügyviteli Vállalat frissen beszerzett MINSZK-2 jelű számítógépének programozását, illetve a programozás nemzetközi formanyelvét az ALGOL-t is.

1966-ban már sikerült kísérleti üzemben mágnesszalagos regisztrálású analóg szeizmikus felvételeket digitalizálni és bevinni a MINSZK-2 számítógépbe. Ezzel párhuzamosan kézi digitalizálású adatrendszerek, illetve elméleti modellek segítségével megindult a szeizmikus adatfeldolgozás elemi lépéseinek (statikus és dinamikus korrekció, frekvenciaszűrések stb.) a programozása. A számítógépes csoportot *id. Zilahi-Sebess László* irányította, a szeizmikus fejlesztések ekkor *Szabóné Kilényi Éva* vezetésével folytak.

A programozási munkákkal párhuzamosan intenzíven folytak a digitális méréshez és feldolgozáshoz szükséges eszközöknek, mint például az AD konverter, digitális magnetofon, szeizmikus digitális terepi műszer, szeizmikus feldolgozó célhardver (ún. „minicentrum”) fejlesztése is. A számítógépes csoportok munkaidejének jelentős hányadát ezen eszközök működésének ellenőrzése tette ki.

1968-ban a szeizmikus fejlesztések irányítását *Kilényi Évától Korvin Gábor* matematikus veszi át. Ekkor már az elemi lépéseken túl olyan többcsatornás szűrések fejlesztése is elindul, mint például a „pie slice” szűrő.

1970-ben megtörténik az első teljes szeizmikus szelvény számítógépes feldolgozása egyelőre még kísérleti jelleggel. A szeizmikus adatfeldolgozás rutinszerű végzésére azonban a MINSZK-2 számítógép alkalmatlannak bizonyul kis sebessége és kis tárkapacitása miatt. Így megszületik az intézeti döntés egy nagyobb gépre alapozott saját számítógépközpont kiépítésére. A számítógépes csoportok 1969-től már az új gép használatára készülnek fel.

Az analóg és digitális technika átmeneti feldolgozó eszköze volt a digitális minicentrum, az SDC-1, amely 1969–71 között készült el. Kezdetben feladata az FM (frekvenciamodulált) analóg terepi felvételek egyszeres fedésű reflexiós szelvényeinek feldolgozásra korlátozódott. Továbbfejlesztését követően digitális terepi adatokat is fogadott. Fontos eleme volt az analóg–digitális átalakító és a konvolver, amely utóbbi a mintavételezett jelek konvolúciós szűrését hajtotta végre. A minicentrum a továbbfejlesztés eredményeként később a „közös reflexiós pontos”, többszörös fedésű szelvények előállítására is alkalmassá vált. A szeizmikus anyag feldolgozásához szükséges statikus és dinamikus korrekciók beadása az egységbe lyukszalag segítségével történt. A minicentrum egycsatornás rendszerben működött, a korrekciókkal ellátott és szűrt jelek csatornánként csatlakoztak az intézeti fejlesztésű optikai rendszerű szelvényíróhoz (plotterhez). Természetesen a minicentrum a lehetőségeit tekintve nagyon korlátozott és lassú volt, de az analógról a digitális technikára való átmenet időszakában hëzagpotló szerepe volt, és a földtani kutatás számára értékes szelvényeket szolgáltatott.

### **10.1.2. MINSZK-32 – Az Intézet digitális kutatólaboratóriuma és első saját számítóközpontja (1970–1978)**

A számjegyes technika bevezetésében döntő lépés volt a Földtani Számítóközpont 1970-ben kezdődött kialakítása is (Posgay 1985). A számítóközpontot a Központi Földtani Hivatal (KFH), az Országos Kőolaj és Gázipari Tröszt (OKGT), az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság (OMFB) és a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) támogatásával állítottuk fel. A MINSZK-32 alapberendezéshez több perifériát illesztettünk: Facit szalaglyukasztót, CIL térképrajzoló plottert, Ampex mágnesszalagos egységeket, diszkeket, az Intézetben kifejlesztett szeizmikus szelvényíró és kiíró. Kísérleteket végeztünk egy fixpontos speciális processzor illesztésével is (Kaszás 1971).

A számítógéphez és a kapcsolódó segédberendezésekhez azonban ki kellett dolgozni az alapprogram-rendszert (mert ilyen akkor nem létezett) és a kezelő eljárásokat, továbbá meg kellett oldani a grafikus információk kezelését is. Az MGE újra kiadott egy jegyzetet a geofizikai feladatok számítógépes programozásáról, és a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Geofizikai Tanszékén bevezették a Geofizikai Programozás c. tárgyat.

### **10.1.3. R-35 – Az Intézet második számítóközpontja (1979–1987)**

#### **10.1.3.1. A számítógépközpont konfigurációja**

A későbbi évek során az ELGI-ben folyamatosan továbbfejlődött és bővült a számítógépes rendszer. 1979-ben szereztük be az R-35 földtani-geofizikai számítóközpontunk báziskonfigurációját. 1981 végére elvégeztük azoknak a bővítéseknek legnagyobb részét, melyek az általános célú számítógépből a geofizikai alkalmazáshoz szükséges célrendszert kialakították.

1980-ban teljes processzorcsere történt: az új processzor a régi, 512 kbyte-os ferrites operatív tár helyett 1 Mbyte-os, 4 kbit-es chipekre épülő, félvezetős tárat tartalmazott. A gyártó cég a processzort időközben átdolgozta, így az új processzor kisebb méretű lett.

A gép közvetlen elérésű háttértárát a geofizikai feldolgozáshoz szükséges nagy tárigény miatt összesen 360 Mbyte kapacitású, BASF gyártmányú diszkrendszerrel bővítettük. Ezzel a gép közvetlen elérésű háttértára összesen 480 Mbyte-ra bővült.

Üzembe állítottuk a VIDEOTON VT-55000 típusú táv-adatfeldolgozó rendszer első lépcsőjét 4 terminállal, amelyek CRJE (Conversational Remote Job Entry) üzemmódban a programok interaktív írását, szerkesztését házon belül tették lehetővé. Terminálról kötegelte feldolgozású munkák is indíthatók voltak.

Elsősorban térképrajzolósi célokra egy CALCOMP plottert illesztettünk a géphez. A plottert a táv-adatfeldolgozó vezérlőegységen keresztül online csatlakozott az R-35 processzorához.

Alapvetően szeizmikus szelvények megjelenítésére beszereztünk és üzembe állítottunk egy 36 inch papírszélességű VERSATEC offline plottert. A plottert vezérlő VERSAPLOT 07 szoftver felhasználásával azonban átírás nélkül kirajzoltathatók voltak a CALCOMP plotterre írt programokkal készült egyéb eredmények is.

#### **10.1.3.2. A számítógépközpont operációs rendszere és főbb feladatai**

A fent vázolt rendszer „elvileg” megegyezett az IBM 370/145 géppel. Ez tette lehetővé az ESZR (Egyesített Számítógép Rendszer) rendszerben nem gyártott hardverelemek egyszerű illesztését és az IBM rendszerprogramok, valamint mind

az IBM, mind az ESZR operációs rendszerek alatt futtatható geofizikai program-csomagok alkalmazását. Bár az operációs rendszerek közül több változatot is sikerrel kipróbáltunk (ESZR OS/MFT 4.1., IBM OS/MFT 21.8), később kizárólag az IBM virtuális tárkezelésű OS/VS1 rendszerét alkalmaztuk a táv-adatfeldolgozó rendszerhez BTAM elérési módszerrel. Az OS/VS1 választását az indokolta, hogy ennek szolgáltatásai feleltek meg a legjobban a céljainknak, erőforrásainknak:

- egyszerre maximum 16 program volt futtatható (nálunk célszerűen 5 program futott egyszerre). A gép kihasználtságát jelentősen megnövelte a számításigényes (pl. szeizmikus) és transzferigényes egyéb programok konkurens multiprogramozásos futtatása;
- a virtuális tárkezelés lehetővé tette, hogy az együtt futó programok összes tárigénye a valós tárat jelentősen meghaladja;
- tapasztalataink szerint geofizikai programok futtatásánál a lapozási igény viszonylag kicsi volt;
- az erőforrásokat a teljes gép optimális kihasználtságának megfelelően dinamikusán osztotta szét;
- a rendszer eredendően tartalmazta az input és output egységek optimális kihasználását biztosító spooling eljárást;
- viszonylag kevés rendszer-adminisztrációs tevékenységet végzett, tehát jó hatásfokkal volt használható.

A gép kihasználtsága az 1981. év során már elérte a teljes, háromműszakos üzemet. 1982-ben a számítások felgyorsítására az R-35-höz illesztettük saját intézeti fejlesztésű, lebegőpontos speciális processzorunkat. Az intézeti számítóközpontnak rendkívül sokrétű számítástechnikai igénynek kellett megfelelnie, mert a feladatok igen szerteágazók voltak, amit az Intézet történetéről szóló egyéb fejezetek is bizonyítanak.

A személyi számítógépek elterjedéséig a nagyobb gépet igénylő munkákat a számítógépközpontban végezték. Ezek közül csak a legfontosabbakat említve:

- Országos ásványi nyersanyag-mérlegek számítása. A Központi Földtani Hivatal ásványi nyersanyag-mérlegeinek adatrendszerét az R-35-tel együtt szállított MINSZK-32 emulátor felhasználásával átírtuk az R-35 gépre. 1982-től kezdve az ásványi nyersanyag-mérlegek döntő többségének számítása már az R-35 gépen történt.

- Magnetotellurikus és egyenáramú ellenállásmérések adatainak feldolgozása. Ez intézeti sajátfejlesztésű programokkal történt.
- Gazdasági, adminisztrációs és egyéb alkalmazások. Intézetvezetési, nyilvántartási és adatbank-kezelési feladatokat is megoldottunk az R-35 számítógéppel. Ezekhez felhasználtuk a US Geological Survey „GRASP” (Geologic Retrieval and Synopsis Program) nevű interaktív földtani adatbázis-kezelő rendszerét, amelyet 1981-ben a USGS szakértőjének segítségével installáltunk R-35 gépünkön.

A gépidőnek több mint kétharmadát azonban a szeizmikus adatfeldolgozás foglalta le, így részletesen ezt ismertetjük. A feldolgozást a KGST Internyeft-geofizikai Koordinációs Központjának SzCSz-3 programrendszerével és a Petty-Ray (USA) cég „Basic Software Package”-ével mint bázis-programrendszerekkel végeztük. A két rendszer beszerzése tette lehetővé, hogy az R-35 üzembe állítása után a szeizmikus feldolgozás rövid idő alatt meginduljon.

#### **10.1.4. Terepi mobil geofizikai számítóközpontok (1982–1984)**

Az Intézetben a székházban működő nagy számítóközpont mellett kisebb, terepre vihető mobil számítóközpontok fejlesztése is folyt. Ezek elsősorban expedíciós igényeket, illetve a KGST igényeit voltak hivatottak kielégíteni. Alapgépként a Videoton R-10, majd R-11 gépe látszott erre a legalkalmasabbnak.

##### **10.1.4.1. R-10 számítógépre alapozott expedíciós szeizmikus feldolgozórendszer (1982)**

1982-ben fejeztük be az R-10-re alapozott expedíciós rendszer szeizmikus programcsomagjának mintegy 5 évig tartó fejlesztését. A rendszer a DEP Görög Nemzeti Olajvállalattal kötött szerződés keretében több mint 2 éven át folyamatosan üzemelt Görögországban, és jelentősen megkönnyítette a terepen dolgozó szakemberek munkáját.

A hardverkonfigurációt a terepi felhasználhatóság (gépkocsiba szerelhetőség, minimális áramfogyasztás stb.) szabta meg, ennek megfelelően a kiépítettsége következő módon alakult:

- R -10 központi egység 64 Kbyte memóriával,

- konzol display, lyukszalagos be- és kimenet, terminál display,
- 800 Kbyte-os fixfejes rendszerdisk, sornyomtató, COROLLPRESS offline színes plotter,
- 2 db 800 Kbyte-os fixfejes diszkdemultiplexáló, multiplexáló fokozattal bővítve,
- 2 db 800 bpi, 9 sávós mágnesszalagos egység, 1 db 1600 bpi, 9 sávós mágnesszalagos egység,
- 21 sávós beadóegység,
- speciális processzor (tömbáthelyezés, skálázás, normálkorrekció, konvolúció műveletekkel)

#### **10.1.4.2. R-11 számítógépre alapozott expedíciós szeizmikus feldolgozórendszer (1983–1984)**

Az R-10 mobil számítóközpontot később R-11 gépre alapozva fejlesztettük tovább. A fejlesztőmunkát az INTERMORGEÓ és az OMFB tervei szerint a VIDEO-TON-nal kooperálva végeztük.

A rendszer hardverkialakításához az R-11 alapgépet a következő geofizikai perifériákkal bővítettük:

- a real-time rendszer geofizikai kialakításához az intézet SDA adatgyűjtőjét közvetlenül illesztettük a számítógéphez mint beadó fokozatot (az adatgyűjtő ilyenkor közvetlenül számítógép-perifériaként szolgál, programmal lehet paraméterezni, illetve tesztelni),
- geofizikai kimenetként illesztettük az ELGI COROLLPRESS-4 színes plotterét, szintén a real-time végzendő feladatok céljából, de a rendszerhez offline plottereket is lehetett használni,
- az intézeti fejlesztésű lebegőpontos geofizikai speciális processzor új típusa szolgált perifériaként az R-11-es „real-time” rendszer számítási műveleteinek meggyorsítására,
- demultiplexáló lemezillesztés szolgált a korábbi R-10-es gyakorlatnak megfelelően a hardver-demultiplexálásra, ami igen lényeges időmegtakarítást jelentett a feldolgozás folyamán,
- az R-11 alaprendszer mágnesszalagos illesztése nem volt képes 64 Kbyte-os tömbnél nagyobb folyamatos adatmennyiség kezelésére, ezért az illesztést úgy bővítettük, hogy a hosszú blokkok váltott bufferes fogadására is alkalmazható legyen.

A számítógép alapperifériái közül a geofizikai rendszerhez a diszkeken, illetve mágnesszalagos egységeken kívül használtunk még sornyomtatót, a konzol display-n kívül további operátori munkahelyeket, lemezt, illetve a programfejlesztéshez nem mobil változat esetén nagy lemezt is.

A szovjet–magyar tudományos-technikai együttműködés során, az Inter-morgeo koordinációs centrum keretében a geofizikai célokat (Posgay et al. 1979) *Garkalenko* vezérigazgató (Juzsmorgeológia), *Glumov* igazgató (Juzsmorgeológia, később Geológiai Minisztérium), illetve *Müller* igazgató, *Posgay* főosztályvezető és *Komjáthi* osztályvezető körvonalzták. Az OMFB–GKNT kisszámítógépes együttműködés keretében a mobil expedíciós centrum paramétereiről (Posgay et al. 1979) *Monosztürjev* igazgató (Tyumeni Kutatóintézet), illetve *Müller* igazgató és *Posgay* főosztályvezető állapodtak meg.

#### **10.1.5. R-61/68 alias IBM-4361 – Az Intézet harmadik számítógépközpontja (1988–1992)**

A nyolcvanas évek végére az R-35 számítógépközpont kifutotta magát, az intézetvezetés újabb, lényegesen nagyobb kapacitású számítógépközpont kialakítását határozta el. Újabb nagy gépterem épült, immár a harmadik a székházban. Ezt már nem lehetett a meglévő épületrészekben elhelyezni, ezért a Thököly úti földszintes részre, a „lepény”-re emeletet húztak. Az új központnak a szovjet R-61/68 központi egységre mint alapgépre és új, korszerűbb KGST eredetű perifériákra (bolgár speciális processzorra, NDK magnókra, szovjet diszkekre stb.) kellett felépülnie. A történelem azonban közbeszólt, 1989-től a KGST működése már akadozott és 1992-ben meg is szűnt (éppen magyar javaslatra). Ezért, amikor már érezni lehetett a gondokat, az Intézet a KGST származású egységek kiváltására olcsóbb és biztonságosabban üzemeltethető IBM 4361-es processzort, IBM diszkeket, színes VERSATEC-CE 3244 plottert és egyéb IBM perifériákat szerzett be, illetve bérelt.

Ezzel az óriási, új gépteremünket nagyrészt üresen hagyó öszvér számítógépközponttal – amely egyébként kifogástalanul látta el feladatát – jutott túl az Intézet az 1990-es nagy történelmi fordulaton. És ezzel a nagynak indult, de félbemaradt, illetve másként megvalósult számítógépközponttal le is zárult az Intézetben a nagy „main frame” számítógépközpontok kora. Már nem volt többé szükség ezekre. A 80-as évekkel kezdődően ugyanis az Intézet által alkalmazott valamennyi módszernél fokozatosan a személyi számítógépeké lett a vezető szerep. Erre a további fejezetekben térünk ki, itt csak a SUN alapú szeizmikus munkaállomásokat tárgyaljuk részletesebben.

### 10.1.6. A SUN munkaállomások (1993)

A számítógépek időközben bekövetkezett fejlődése lehetővé tette a nagy, légkondicionált géptermekek, és a komoly személyzetet igénylő számítógép-kolosszusok kisméretű, a kutatói munkaszobákban az íróasztalokon elhelyezhető, de nagy teljesítményű gépekkel, ún. munkaállomásokkal történő kiváltását.

1993-tól SUN típusú alapgépekre épülő munkaállomások jelentek meg az Intézetben, és néhány éven belül nemcsak átvették a korábbi nagy gépek feladatkörét, hanem a beszerzett, kitűnő geofizikai programcsomagoknak köszönhetően azt messze túl is haladták, például a szeizmikus és más geofizikai értelmezés számítógépesítésével. Az ezredfordulóra eltűnnek az Intézetből a világ korábbi technikai megosztottságának nyomai, és korszerű eszközparkjával az ELGI is besorol a globálisan egységesedő geofizika világába.

Ekkor (1993–96) a következő eszközök állnak rendelkezésre az Intézetben:

*Számítógéprendszerek:*

- SUN SPARC system LX, SUN SPARC-10 system, SUN SPARC-20 system
- 38.0 Gbyte disk drive-ok, un Seg Long Block Driver
- Exabyte 8500 8 mm-es szalagos drive-ok, C 9914 9 track drive

*Plotterek:*

- VERSATEC 830A-512A-PC-CE-3244 online, 44 inch szélességű színes plotter, 200 dpi
- VERSATEC 8236A offline, 36 inch szélességű fekete-fehér plotter, 200 dpi
- OYO GS636 online, 35.5 inch szélességű fekete-fehér thermál plotter, 400 dpi

*Programrendszerek:*

- ProMAX 2D szoftver (Realise 5. 0)
- Interactive Seismic Data Processing System
- SDI Rastering softver
- Landmark 2D Interpretation Software

Korszerűsítések (1996–2002):

*Hardver:*

- SUN UltraSparc-60 számítógép (memória  $\approx$  0.8 GB)
- SUN CD-ROM-meghajtó, SUN 19" color monitor
- Exabyte 8 mm-es szalagos meghajtók,
- FUJITSU M2488E cartridgeolvasó
- MicroVPAlis 9.1 GB lemezmeghajtók,
- STC 9914 1/2" szalagos meghajtó
- SEAGATE 23 GB lemez meghajtók (háttérmemória-kapacitás  $\approx$  92 GB)
- STC 9914 1/2" szalagos meghajtó



- HP SURESTORE 4 mm-es DAT egységek
- OYO GS-636 online fekete-fehér rajzolóberendezés 36 inch szélességben, 400 dpi
- ENCAD NOVAJET online rendszer 36 inch szélességű színes rajzolóberendezés, 360 dpi

*Programrendszerek:*

- Interactive Seismic Data Processing System – szeizmikus feldolgozórendszer
- ProMAX 2D – 3D / Version 8.1. (2 felhasználós) terepi ellenőrző és adatfeldolgozó rendszer (upgrade 2003)
- SDI raszterizáló program (plotting system)
- SUN SEG Long Block Device Driver (hosszúblokk-olvasó)
- ProMAX 2D – 3D szoftvercsomagok
- Landmark 2D – 3D Interactive Interpretation Software – komplex szeizmikus interpretációs rendszer
- Arc/Info – térinformatikai rendszer
- ERDAS – képfeldolgozó rendszer

## **Irodalom**

- Korvin G. (1969): Digitális kiértékelés a szeizmikus kutatásban. *Földtani Kutatás* XII/3–4, 130
- Kaszás M. (1971): Minszk számítógép-család. *Technika* XV, 1, Budapest
- Posgay K., Korvin G., Vincze J. (1971): Concepts of seismic digital instrumental and methodological development in the ELGI. *Geophys. Trans.* 20, 9–16
- Posgay K., Albu I., Bodoky T., Kengyel M., Komjáthy J., Korvin G., Kovács B., Németh G., Petrovics I. (1979): Szeizmikus módszer és műszerkutatás. *Az ELGI 1978. Évi Jelentése* 55–66
- Posgay K., Albu I., Bodoky T., Kaszás M., Kovács B., Ráner G. (1981): Szeizmikus műszer- és módszerkutatás. *Az ELGI 1980. Évi jelentése* 69–71
- Posgay K. (1985): *Az ELGI szeizmikus kutatásai. Kézirat, ELGI Könyvtár.*

## **10.2. Műszaki Osztály**

*György Lajos*

Budán, a Sashegy délkeleti oldalára eső tágas területen (Budapest XI., Homonna u.) az Intézet műszaki bázisát kialakító építkezés 1963-ban fejeződött be. Itt jöttek létre a terepi működéshez nélkülözhetetlen műhelyek, garázsok, raktárak, irodák. A központi épületben a Műszaki Osztály vezetősége, a Radiológiai Osztály és a Szerkesztés helyezkedett el. Az épület emeletén működött a szék-

ház (Központi Laboratórium) 1970. évi átadásáig a szeizmikus és a mélyfúrás-geofizikai laboratórium (*Bádonyi Géza és Liszt Ferenc* vezetésével), majd ezek elkötözése után itt a műszaki dolgozók (robbantó-, fúró mesterek, gépkocsivezetők) részére téli szállást alakítottak ki. A radiometria épülete és a csatlakozó mélyfúrás-geofizikai műszeres kutatóbázis és modelltelep az 1970-es években épült fel.

A Műszaki Osztály mai szóhasználatl kifejezve *logisztikai* feladatokat látott el. Ezt azért célszerű megjegyezni, mert az OKGT – később MOL – Geofizikai Osztályán működő „műszaki osztály”-nak teljesen más feladatköre volt.

Az Intézet Műszaki Osztályának vezetője az 1959–1976 időszakban *Polónyi Rezső*, 1977–1987 között *Ágai György*, 1988-tól *György Lajos*. Az akkor külföldön dolgozó *Polónyi* helyén osztályvezető-helyettesként az 1965–1979 időszakban *Lukács János* működött.

1963-ban az osztály 68 db gépkocsival rendelkezett, ezekből 41 típusjármű, 27 típuson kívüli volt. A gépkocsipark személyszállító, fúró, vizes, robbantó, robbanóanyag-szállító, lyukkezelő és műszerkocsikból állt. Az osztályon megfelelően felszerelt, szerelőkkel üzemeltetett műhelykocsik is voltak a terepi csoportok igényeinek kielégítésére. A gépkocsikon kívül néhány lakókocsi és több motorkerékpár is tartozott az osztály állományába. Az osztály keretében működött a fúró-, robbantó- és gépkocsicscsoport, gépkocsijavító, asztalos, kovács és villanszerelő műhely, valamint a tűzvédelmi felügyelet.

A szeizmikus terepi munkákhoz szükséges robbanóanyagot honvédségi raktárakban tárolták, szállították és használták fel a kor előírásainak megfelelő szigorú szabályok szerint. A robbanóanyag beszerzése, szállítása és terepi felhasználása a robbantási csoportvezető feladata volt (*Kincses László*, később *Hajnák János* fúró és robbantási csoportvezetők).

A Műszaki Osztály hatáskörébe tartozott a munkavédelmmel és a polgári védelemmel kapcsolatos feladatok ellátása is.

A nagyszámú gépkocsivezetői állomány az évek során fokozatosan csökkent, mert az állami rendelkezések engedélyezték, hogy mások (csoportvezetők, észlelők, fúró- és robbantómesterek, kitűzők stb.) is vezethettek gépkocsit.

A Műszaki Osztály dolgozói a terepi kutatás nagyon fontos résztvevői voltak, különösen a fúró- és robbantó mesterek, illetve később a vibrátorkezelők.

Fúró mesterek: *Lakatos Lajos, Mázsa Vendel, Szántó József, Rédei Antal, Lóránt József, Nász András, Dorók Nagy László, Völgyi József, Barnaki Béla, Czippán Lajos.*

Robbantómesterek: *Szilágyi Sándor, Petrovics Lajos, Berzsényi Károly („Csőrös”), Tóth Mihály, Váradi László, Takács Ferenc, Takács Kálmán, Pádár Béla.*

Az 1965 utáni felfutó időszakban a fokozódó nagyságú és szerteágazó hazai és expedíciós kutatási feladatok ellátására a műszakiak létszáma és a gépkocsi-állomány fokozatosan bővült.

A gépkocsiállományt egészítette ki a 70-es évek elejétől kezdve a terepi csoportok lakótáborainak lakókocsiparkja. Ez nagyszámú lakókocsit jelentett, amelyekben részben laktak a terepi dolgozók, részben irodai célra használták azokat. A lakókocsik beszerzése, karbantartása elosztása és felügyelete szintén a Műszaki Osztályhoz tartozott.

A szeizmikus kutatások korszerűsítése szempontjából rendkívül nagy jelentőségű volt a vibroszeiz rezgéskeltő berendezések 1975-ben történt beszerzése. A vibrátorok üzemeltetéséhez vibrátorkezelő és -karbantartó csoportot kellett létrehozni, kezelőket kiképezni. Ennek a csoportnak a vezetője az amerikai tréningeken résztvevő *Erőss Sándor* lett. A rezgéskeltők hidraulikus meghajtású „Birdwagen” traktorra épített Failing Y-1100-CA vibrátorok voltak, szám szerint 5 db.

Az 1993 végén bekövetkezett nagy létszámleépítés után a Műszaki Osztály is nagyon összezsugorodott, mindössze néhány szerelőműhelyt tudott már csak üzemben tartani. A megmaradó fúró- és robbantómestereket a terepi munkák szünetében sokszor más munkakörbe kellett helyezni, hogy a fizetésük biztosítható legyen. A nagy garázs- és raktáépületeket az Intézet kénytelen volt kiadni, hogy elkerülhesse a Műszaki Osztály Homonna utcai telephelyének az Ipari Minisztérium által szorgalmazott eladását.

### **10.3. Szerkesztési és Finommechanikai Osztály**

*Szalai József*

A székház létrejöttéig a műszerépítő, -fejlesztő tevékenység nélkülözhetetlen része a Szabó József utcai épületben berendezett kis finommechanikai műhely volt *Herbály Imre* vezetésével. A 60-as évek közepéig a műszerfejlesztés és -építés a főosztályokon, egymástól elkülönülten folyt. Az ilyen jellegű feladatok számának megnövekedése szükségessé tette a finommechanikai konstrukciós és gyártási háttér szélesebb körű biztosítását, a megnövekedett feladat ellátására létrehívták a Finommechanikai Szerkesztői Csoportot is. A műhely először a Homonna utcai telephelyen nyert tágasabb elhelyezést, majd a székház felépülte után ide költözött. A székházba történt beköltözést követően az összevonás révén, a szétforgácsoltság megszűnésével a fejlesztési és kivitelezési tevékeny-

ség gyors növekedésnek indult. *Herbály Imre* nyugdíba vonulása után az innen már osztályként működő csoportot *Szalai József* vette át.

Az osztálynak az intézeti saját szükségletek kielégítésén túl a nagy volumenű műszerexportigényeit is teljesítenie kellett, továbbá támogatnia kellett az Intézet tudományos munkásságát a szükséges kísérleti eszközökkel. Elsősorban a mélyfúrási geofizika területén volt gyors felfutás. 4-5 év elteltével a korábbi évi 2-3 lyuk-geofizikai szonda előállítása több száz darabra bővült. A sikeres szonda-fejlesztéseken felül ki kell emelnünk a világ élvonalát képviselő ceruza-galvanométer megalkotását, amely a saját fejlesztésű fotóregisztrálók alapvető fontosságú alkatrésze volt. Fotóregisztrálókkal nemcsak az intézeti mérőkocsikat láttuk el, hanem ezen túlmenően önállóan exportáltuk azokat olyan helyekre is, mint az Egyesült Államok vagy Szingapúr. Hasonlóan fontos fejlesztésnek számított a mérőberendezéseknél alkalmazott kollektor és az inkrementális mélységi jeladó (mérőkerék). Ezek ma is használatban vannak, pl. az ELGI munkatársaiból alakult GEO-LOG Kft. mérőkocsijaiban. Jól bevált a vízkutatásban alkalmazott mélységi vízmintavevő, amelyet még az ezredforduló idején is exportáltak.

A szeizmikus műszerfejlesztés területén igen sikeresnek bizonyult a GAMMA Művekkel közösen fejlesztett COROLLPRESS elnevezésű dobos plotter és annak továbbfejlesztéseként a későbbi „síplotter”, melyek szintén jelentős exportsikert hoztak. Ugyancsak fontos műszerfejlesztésnek számított az SR-II szeizmikus rezgéskeltő. Ezeket a szeizmikus mérőcsoportoknál, főképpen nehéz terepviszonyok között alkalmazták, de jó exportlehetőség is volt a svéd ABEM cég közvetítésével „KANGAROO” néven.

A szerkesztésben 4-5 rajzoló, szerkesztő és mérnök dolgozott. A Columbus utcai épület egyik szárnyában kapott helyet a Finommechanikai Műhely, melyet igen korszerű gépekkel, berendezésekkel szereltek fel. Az ott dolgozó munkatársak színvonalas munkával, jó minőségben állították elő a fent említett műszereket, berendezéseket. A rendszerváltás utáni években a Szerkesztés és Finommechanikai Osztály is megszűnt.

## **10.4. Egyeztető, majd Tudományos Koordinációs Osztály**

*Szabóné Kilényi Éva, Hegybíró Zsuzsanna*

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Egyeztető Osztálya 1954-ben jött létre (I. Intézettörténet I., 106. o.), az első osztályvezető *Oszlaczky Szilárd* volt.

Az osztály feladata kezdetben a tudományos elméleti kutatások végzésén kívül az intézeti szakjelentések, publikációk lektorálása és az Intézet kiadásában megjelenő kiadványok, elsősorban a *Geofizikai Közlemények* szerkesztése. Hatáskörébe tartozott az *Adattár* és a *Könyvtár* is. 1964-től az osztály vezetését *Szénás György* főgeológus vette át. 1974-ben *Szénás* bekövetkezett halála után az osztály vezetésére *Szabóné Kilényi Évát* nevezték ki. Az ő nyugdíjba vonulása után 1985-től az osztály vezetője *Hegybíró Zsuzsanna*.

Az osztály hatáskörébe tartozó tevékenységek: *Könyvtár*, *Adattár* és *Kiadványszerkesztés*.

### 10.4.1. Könyvtár

*Jávorka Péterné, Mészárosné Jelinek Beáta*

#### 10.4.1.1. A Könyvtár feladata és gyűjtőköre

A Könyvtár állományának megfelelő szintű fejlesztése az ország legnagyobb nyilvános feladatkörű geofizikai szakkönyvtáraként kötelessége a geofizikai szakirodalom beszerzése, megőrzése, feldolgozása és az olvasószolgálat biztosítása.

A könyvtár gyűjtőköre a korszerű kutatáshoz szükséges magyar és külföldi geofizikai, valamint rokon- és segédtudományok irodalma (geológia, bányászat, matematika, fizika, csillagászat, számítástechnika, környezetvédelem stb.)

A könyvtári állomány jelenlegi (2012. évi) beszerzési értéke 117 053 659,60 Ft. (A könyvtári gyakorlatnak megfelelő becslések alapján számított értéknek a tényleges érték 6–10-szerese.)

#### 10.4.1.2. A Könyvtár története

Az intézeti Könyvtárra vonatkozó első írásos bejegyzések 1921–1922-ből származnak. Ekkor 637 kötetet jegyeztek be a leltárkönyvben, melynek összértéke 1736,76 korona volt.

A következő írásos anyag a könyvtár történetében 1951. január 22-én kelt, mely a könyvtári állomány leltározásáról szól, *Dávid Lajos* és *Lendvay Károly* aláírásával.

Az első, függetlenített könyvtáros 1954. április 12-én *Petrassovich Eleonóra* volt. A Könyvtár az Egyeztető Osztályhoz tartozott, és a Szabó József utcai épület-

ben működött, kezdetben az I. emeleti nagyteremben, majd a földszintre került. 1960. május 6-án *Petrassovich Eleonóra* átadta a Könyvtár kezelését *Siklós Jánosné*-nak, majd 1961-től *Harangozó Andorné* töltött be a könyvtárosi állást.

*Fülöp József* igazgatósága idején, 1963-ban *Böjtös Árpád* vette át a Könyvtár vezetését. A könyvtárosi teendőket ekkor már ketten látták el. 1970-ben elkészült az Intézet új székháza. Az új, jól felszerelt Könyvtárban, az épület III. emeletén (melyet kifejezetten könyvtár céljaira tervezetek és erősítettek meg statikailag) szükségessé vált új könyvtárosok felvétele *Harangozó Andorné Ria* mellé. Így került ide 1970-ben *Jávorka Péterné*, majd 1973-ban *Jelinek Beáta*.

*Böjtös Árpád* 1977-ig volt a Könyvtár vezetője, a könyvtárosi teendőket ekkor összesen 3 fő végezte. 1977 júniusától 1993 decemberéig *Jávorka Péterné* vezette a Könyvtárat, és szintén hárman végeztek könyvtárosi munkát.

1988-ban lényeges változás történt a könyvtári feldolgozó munkában. A Könyvtár beszerezte az UNESCO által kifejlesztett MICROISIS számítógépes könyvtári programot. Ettől kezdődően gyökeresen megváltozott a könyvtári munka folyamata. A számítógépes feldolgozás egyre nagyobb lehetőséget biztosított a feldolgozás, visszakeresés és tájékoztatás területén.

1994 januárjától *Mészárosné Jelinek Beáta* a könyvtár vezetője és *Jávorka Péterné* nyugdíjasként vesz részt a Könyvtár munkájában.

A 90-es évek nagy fordulópontot jelentettek a könyvtárak életében. A számítógép használata, az internet elterjedése, a különböző konzorciumok létrehozása, óriási lehetőséget biztosítottak a gyors keresések megvalósítására. 2003-ban új, integrált könyvtári szoftvert vásárolt az Intézet, mely a későbbiekben lehetővé tette, hogy a feldolgozott könyvtári állományban való keresés külső olvasók számára is hozzáférhető legyen.

2008-ban megvásároltuk a Nemzeti Fejlesztési Terv, G.V.O.P. 4.2.2 „Információs társadalom- és gazdaságfejlesztés” prioritásának támogatásával az MTA SZTAKI által kifejezetten nagy állománnyal rendelkező könyvtárak számára kifejlesztett HUNTEKA integrált könyvtári szoftvert. A szoftver megvásárlása és az alábbi munkafolyamatok a Közcélú Internetes Geofizikai Adatszolgáltatás (KINGA) projekt keretén belül kerültek megvalósításra.

Ezen felül 2002-től az Oktatási Minisztérium központi beszerzése lehetőséget biztosított teljes szövegű elektronikus folyóiratokban és bibliográfiai adatbázisokban történő keresésre. (pl. Web of Science, Science Direct, Springerlink). 2009-től ezeknek az adatbázisoknak a használata a konzorcium keretében biztosított. További adatbázisok használata is rendelkezésre

áll szakirodalmi kutatásokhoz (EBSCO, Open Access Journals, Copernicus, Könyvtár.hu stb.)

Az ELGI Könyvtárának tevékenysége, hasonlóan a többi könyvtárhoz, az elmúlt évtizedek alatt nagyméretű fejlődésen ment keresztül. A kezdeti kézi katalógusokat, felváltotta a gépi, elektronikus katalógus, a hagyományos hordozókön kívül, megjelentek az elektronikus hordozók (CD, DVD, videó) is. A mai napig még azonban a papír alapú hordozó a legtartósabb, s a mikrofilm is kiállta az idők próbáját, hiszen a 100 évnél régebbi mikrofilmek is olvashatóak még. Csak remélni lehet, hogy az új hordozók is ennyire tartósak lesznek, és megőrzik a tudásanyagot az utókor számára.



10-1. ábra. Az Intézet Könyvtára

#### 10.4.1.3. A könyvtári állomány

A könyvtári állomány alapját Eötvös Loránd hagyatékából származó könyvek képezték, melyek jelenleg az Intézet Múzeumában kerültek elhelyezésre. Ezeknek a kiadványoknak a beszerzési összege 1455,- Ft volt, de valóságos értékük ma felbecsülhetetlen. Néhány a legrégebbi kiadványok közül:

- The Works of Francis Bacon, Baron of Verulam, Viscount St. Alban and Lord High Chancellor of England – London, 1753.
- Euler, M. Léonard, *Éléments d’algebre: Traduits de l’allemand, avec des notes et des additions* – Paris, 1774.

A könyvtár későbbi beszerzései között is található jó néhány értékes kiadvány, mely nemcsak Magyarországon, hanem Európa nagy könyvtáraiban sem található meg. Így például:

- Lamont, J.: *Handbuch des Erdmagnetismus*. Berlin, 1849
- Lamont, J.: *Magnetische Karten von Deutschland und Bayern nach den neuen Bayerischen und Oesterreichischen Messungen, unter Benützung einiger älterer Bestimmungen, etworfen und herausgegeben von J. Lamont*. München, 1854 (Lamont még néhány egyéb írása is megtalálható könyvtárunkban, melyekkel még a British Library állománya sem rendelkezik.)
- Airy, George Biddell: *A treatise on magnetism*. London, 1870
- Airy, George Biddell: *Ueber den magnetismus*. Berlin, 1874

A Könyvtár szakmailag legértékesebb kiadványai már az 1930–40-es évektől kezdődően megtalálhatók állományunkban, ezek legnagyobb része már az első kötetektől kezdődően megvan:

- *Annales de Geophysique* 1944-től, melynek folytatása, az *Annales de Geophysicae* sajnos már napjainkban nyomtatott formában nem gazdagítja könyvtárunk állományát, azonban online számai hozzáférhetőek, valamint a
- *Geofisica Pura e Applicata (Pure and Applied Geophysics)*, mely 1939-től napjainkig megtalálható állományunkban, 2000-től kezdődően pedig csak az ELGI könyvtára szerzi be ezt a kiadványt Magyarországon.

A fentiek csak szemelvények abból az értékes gyűjteményből, melyek megalapozták a Geofizikai Intézet Könyvtárának állományát. A Könyvtár tényleges állománya 1951-től a beszerzés és a tervszerű állományapasztás tükrében:

Dokumentumtípus	Év	Kötet/db	Érték (Ft)
könyv	1951	1 309	41 487
könyv	1961	7 624	443 452
könyv	1971	10 120	833 424



Dokumentumtípus	Év	Kötet/db	Érték (Ft)
könyv	1981	14 297	1 893 816
könyv	1991	18 365	4 838 902
könyv	2001	15 227	7 078 460
könyv	2012	16 584	13 283 947
folyóirat	1954	3 465	28 879
folyóirat	1960	10 948	190 563
folyóirat	1971	29 590	1 093 363
folyóirat	1974	36 158	2 033 627
folyóirat	1985	–	9 456 537
folyóirat	2012	16 385	102 663 781
dokumentum	1987	537	1 103 680
dokumentum	2012	514	721 245
fotó	1982	1 479	63 794,
fotó	2012	1 501	67 897
fordítás	1982	2 407	177 342
fordítás	2012	2 390	182 215
szabvány	1987	730	40 653
szabvány	2012	683	93 957
report	1987	123	8 916
report	2012	199	40 016

A Könyvtár állománya 2012-ben:

Dokumentumtípus	db	Beszerzési ár (vétel/csere/ajándék) Ft
Könyv	16 854	13 283 947
Folyóirat (kötet)	16 385	102 663 781
Dokumentum	514	721 245
Fotó	1 501	67 897
Fordítás	2 390	182 215

Dokumentumtípus	db	Beszerzési ár (vétel/cseré/ajándék) Ft
Szabvány	683	93 957
Report	199	40 016
Összesen:		117 053 659

Az Intézet gondozásában megjelenő kiadványokért (először 1952-ben jelent meg a *Geofizikai Közlemények* szakfolyóirat) cserébe 55 országból kaptunk értékes szakirodalmat.

#### 10.4.1.4. A Könyvtár használata

Az állomány feltártságát a kezdetektől kialakított és folyamatosan fejlesztett betűrendes és szakkatalógus biztosítja. A különböző dokumentumtípusok szerint épített katalógusok a könyvek, folyóiratok, térképek, különlenyomatok,



10-2. ábra. A Könyvtár olvasóterme

fordítások, mikrofilmek, szabadalmak, szabványok, az utóbbi időben pedig a CD-k, DVD-k és egyéb elektronikus, illetve audiovizuális kiadványok visszakereshetőségét biztosítják. A téma szerinti keresést 1988-ig cédulakatalógus, majd 1988 után számítógépes katalógus teszi lehetővé a könyvtárat használók számára.

A 2007. évtől kezdődően a már felvitt és ellenőrzött állomány online változatát is üzembe helyeztük, mely az ELGI honlapjáról közvetlenül is minden, internetet használó számára is hozzáférhető (<http://www.elgi.hu>; szakkönyvtár: <http://hunteka.elgi.hu>).

A legújabb nyomtatott szakirodalom havi frissítésben található meg az olvasótermi bemutatófalán.

A könyvtár hagyományos szolgáltatásai mellett az EISZ (Web of Science, Science Direct, SpringerLink) és az EBSCO interneten keresztül elérhető adatbázisai is segítik a tájékoztató munkát.

A könyvtár szolgáltatásait nyilvános feladatköréből adódóan a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal <http://www.mbfh.hu> és a Magyar Állami Földtani Intézet <http://www.mafi.hu> dolgozóin kívül más intézmények kutatói, egyetemek és főiskolák oktatói, hallgatói, tanulók és egyéb érdeklődők is használhatják. A könyvtár az ELGI épületének III. emeletén található. A könyvtár nyilvános, használata a beiratkozott olvasóknak ingyenes.

#### **10.4.2. Adat- és jelentéstár**

*Szabóné Kilényi Éva*

Az adattár kialakulásának kezdetei meglehetősen a homályba vesznek. Minden osztály a saját tevékenységével kapcsolatos anyagokat őrizgette mindaddig, míg egy átszervezés vagy költözködés miatti selejtezés meg nem tizedelte az állományt. Adattárolásra alkalmas helynek minden osztály egyaránt szűkében volt, legfőképpen az osztályvezető hozzáállása döntötte el, hogy melyik osztály, milyen mértékben őrizte meg mérési anyagait.

Természetesen a különböző geofizikai módszerek adatainak időtállósága is erősen változó, így a 20. század első évtizedében, Eötvös-ingával meghatározott gradiens- és görbületi adatok ma is érvényesek, de az évtizedekkel később mért szeizmikus fotoregisztrációs reflexiós szelvények többnyire csak muzeális értéket képviselnek, míg a refrakciós szelvények még hordozhatnak használható információt. Az osztályok, illetve később főosztályok keretében fennmaradt

geofizikai adatok jelenleg a számítógépes tárolás és archiválás folyamatának különböző stádiumában vannak.

Az Adattárat az intézetvezetés 1963. július 15-i határozata hozta létre *Gellert Ferenc* vezetésével, közvetlenül az igazgató irányítása alá rendelve. Ebben az időben *Fülöp József* volt az ELGI és MÁFI közös igazgatója. Az említett határozat az Intézet feladatait a következőképpen fogalmazta meg:

- az ország földtani megismerését célzó kutatások keretében a népgazdasági szempontból rangsorolt tájegységek részletes és sokoldalú vizsgálata,
- a vizsgálatok eredményeinek monografikus közreadása,
- a hasznos ásványi nyersanyagok előfordulási és feltárási lehetőségeinek tudományos felderítése,
- az ország áttekintő és részletes geofizikai térképeinek összeállítása és közreadása.

Ezekből a feladatokból természetesen következnek az évtizedek során felgyülemlett adatok megnövekedett jelentősége, tehát összegyűjtésük és rendszerezésük szükségessége.

Az 1963. augusztus 23-i dátummal a *Gellert Ferenc* által összeállított feljegyzés szerint az induló Adattár tervezett gyűjtőköre kiterjedt az intézeti szakjelentésekre, beleértve a karotázsjelentéseket is, a KGST keretében adott és kapott dokumentációkra, az intézeti műszerfejlesztési dokumentációkra, a geofizikai kutatással foglalkozó intézmények szakjelentéseire, beleértve az 1945 előttiakat is, a jelentések felhasználására vonatkozó adatokra és az Eötvös-hagyatékra. Már ez a tervezet előírja a kutatási módszerekénti felmértségi térképek szerkesztésének szükségességét, ugyanakkor megjegyzi, hogy az adott helyzetben kizárólag az intézeti szakjelentések teljes sorozatának összeállítására vállalkozhatnak. Ez a feladat gyakorlatilag az igazgatóságon felgyülemlett jelentések átvételét és rendszerezését jelentette.

Bár *Gellert Ferenc* a megbízatását 1963. november 15-i hatállyal kézhez is kapta, már a december 2-3-án tartott intézetvezetői értekezlet úgy döntött, hogy megbízatását visszavonja, és az adattárat az Egyeztető Osztály keretén belül kívánja létrehozni. Az 1964. január 4-i határozat már egyértelműen *Szénás György*, az Egyeztető Osztály vezetőjének feladatául tűzte ki az adattár felállítását. Ennek eredményeként kapott megbízást *Nagy Magdolna*, az Egyeztető Osztály tudományos munkatársa az adattári munkára, aki nekiállt a jelentések rendszerezésének és egy nyilvántartási könyv megnyitásának. Ebben a mindmáig használatos

könyvben geofizikai szakterületek szerint rendszerezte az intézeti és intézmények szerint a külső jelentéseket. A jelentésekről kartotékrendszert nem készített, a feldolgozás során ő annyira megismerte az állományt, hogy gyakorlatilag minden keresési igényt ki tudott elégíteni. A *Cellert*-féle tervezetben szereplő egyéb anyagok begyűjtésének igénye feledésbe merült ugyanúgy, mint a felmértségi térképek szerkesztése. Az adattárat képező jelentéseket a Könyvtárban helyezték el, a kölcsönzést a könyvtárosok, az új jelentések szakmai besorolását és nyilvántartásba vételét pedig *Nagy Magdolna* végezte nyugdíjba vonulásáig, azaz 1976-ig.

Ez idő tájt vetődött fel – elsősorban a tárolókapacitás szűkösségének megoldására – az adattári anyagok mikrofilmes tárolásának lehetősége, a nyugati országok széles körben elterjedt mikrofilmes adattárainak példáját követve. A MÁFI komoly fejlesztésbe kezdett, megteremtve a házon belüli mikrofilmes felvételezés és visszakeresés-kinyomtatás technikai bázisát. A mikrofilmes adattárolást egy számítógépes keresési rendszer részeként tervezték, beleértve a MÁFI teljes fúrási adatbázisát, kiegészítve a modern anyagvizsgálati módszerek adataival. Igazgatói utasításra ki kellett dolgozni a MÁFI kódrendszeréhez való kapcsolódást és a MÁFI technikai bázisán megindítani a jelentések mikrofilmre vitelét. Hamarosan kiderült azonban, hogy a rendszer nem alkalmas a geofizikai jelentések rögzítésére, ugyanis a különböző, de A/4-es méretnél jóval nagyobb méretű mellékletek ebben a rendszerben nem reprodukálhatók. Sokkal inkább járható útnak tűnt a mellékletek normál 24×36 mm-es filmre történő rögzítése, de ez már tárolási gondot okozott, mivel a szöveg és a melléklet két különböző formátumban jelent meg. Mindezekon felül kiderült, hogy a felhasználók, tehát a kutatók, mereven elzárkóznak a mikrofilmek használatától, elsősorban a mellékletek visszanagyításának nehézségei és torzulásai miatt. A kezdeményezés végül megvalósíthatatlannak bizonyult, egyedüli eredményének az adattári anyag kartotékozását tekinthetjük.

A kudarc ellenére a 80-as évek közepén lendületet kapott az adattár fejlesztésének ügye. A MÁFI országos térképkiadási projektjéhez kapcsolódva megindult a felmértségi térképek szerkesztése. Bár a tervezett, és publikált 1:500 000 méretarányú térképeken nem lehetett az egyes pontokat és szelvényeket ábrázolni, a kiindulási alapként szolgáló, 1:100 000 méretarányú munkatérképeket már úgy készítettük, hogy azok belső dokumentációként megmaradjanak. E munkába a kőolajipari geofizikát is bevontuk, így a teljes magyarországi geofizikai felmértséget tudtuk dokumentálni.

A jelentéstár is jelentősen bővült, legalábbis a nyilvántartási rendszer. Az ELGI nagymértékű fejlődése során, a 70-es években, az igazgató engedélyezte két szervezeti egység (a Szilárd Ásványkutató Főosztály és a Mérnökgeofizikai Osztály) vezetőjének (*Szabadváry Lászlónak és Jósa Ernőnek*), hogy saját adattárat létesítve ne adjanak le jelentést a központi adattárnak. Hogy lehetőleg teljessé tegyünk az adattárat és egységesítsük a nyilvántartást, kartotékoztuk e két fiók adattár anyagát is. Ennek során kiderült, hogy bizony a nem megfelelő szigorúsággal kezelt jelentéstárakból sok jelentés eltűnt, soknak a mellékletei hiányoznak. E hiányok pótlására tett próbálkozások kevés sikerrel jártak. Nem kapott továbbá példányt az adattár a Mélyfúrás Geofizikai Főosztály külső megbízásos munkáiról, azon az alapon, hogy azokról nem készítenek jelentést, csak átadják a megbízónak egy nagyméretű fénymásolaton az összes észlelt fúrólýukszelvényt és azok értelmezését.

Sikeres volt viszont az OKGT Geofizikai Kutatási Vállalat teljes jelentéstárának katalogizálása és az adattár gyűjtési körének bővítése minden olyan dokumentummal, amely a feldolgozó-értelmező munka során hasznos lehet. Így sikerült megszerezni a GEOS GMK által készített mélyfúrási katalógust, a KFH évenkénti nyersanyag készletmérlegét, valamint egyéb fontosabb dokumentumokat.

### 10.4.3. Kiadványszerkesztés

*Szabóné Kilényi Éva, Hegybíró Zsuzsanna*

1952-ben vetődött fel az ötlet önálló tudományos folyóirat indítására, hogy publikációs lehetőséget biztosítsunk az ELGI tudományos kutatói számára. Ebben az időben egyetlen, kifejezetten geofizikai tárgyú magyar folyóirat sem létezett, és a politikai viszonyok, a nyugati országoktól való elzártság miatt nem volt lehetőség neves nyugat-európai vagy amerikai szaklapokkal való kapcsolatfelvétellel.

A korábbi években – elsősorban Eötvös életében – a magyar tudományoság szorosan kötődött a németországi tudományos világhoz. Így természetesen adódott, hogy a nemzetközi érdeklődésre számot tartó cikkeket a magyar kutatók német folyóiratoknak küldték el. Eötvös cikkei elsősorban az *Annalen der Physik* (amely eredetileg *Annalen der Physik und Chemie* néven indult) számaiban jelentek meg. Ez a kapcsolat az Eötvös halálát követő néhány évben is fennmaradt. *Pekár Dezső* is azt látta célszerűnek, ha az Eötvös-inga fejlesztése terén

eléret eredményeit a világszerte ismert, *Zeitschrift für Instrumentenkunde* német folyóiratban közli. Ezt a vonalat erősítette a magyarok idegennyelv-ismerete is, amely elsősorban a németre szorítkozott, az angoltanítás a középiskolákban csak harmadik helyen szerepelt, a német és a francia után.

Eötvös jelentősebb, magyar nyelvű publikációi az MTA III. osztályának folyóiratában, a *Mathematikai és Természettudományi Értesítőben* jelentek meg, a kisebbek pedig a *Természettudományi Közönyben*. Az általa alapított Matematikai és Fizikai Társulat kiadványa, a *Mathematikai és Fizikai Lapok* alapításától, 1892-től közölte cikkeit.

Az Eötvös utáni 10 év tevékenységéről *Pekár Dezső* akadémiai székfoglalójában számolt be „A báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézet tízéves tudományos működése 1919–1929” cím alatt, amely önálló kiadványként nyomtatásban is megjelent.

Az ELGI első önálló kiadványai alkalmi jelentések voltak (a legelső a *Pekár Dezső* szerkesztésében, az IUGG 1930 augusztusában tartott, IV. Stockholmi közgyűlésére készült: *Travaux de l'Institut Géophysique Baron Roland Eötvös Rapport*). Hamarosan azomban nyomdai kiállításban is megjelentették a finanszírozó, a Magyar kir. Iparügyi Minisztérium III/a osztálya megbízásából készített rendszeres működési jelentéseket. Ezekben az előző évben folytatott terepi Eötvös-ingamérésekről és azok értelmezéséről számoltak be. A kiadványokat az aktuális igazgató, *Pekár Dezső* után *Fekete Jenő*, majd *Bassó Imre* neve fémjelezte. Az utolsó ilyen jelentés 1944-ben készült.

A háború utáni években az éves működési jelentéseket csak gépelt formában készítették a változó főhatóság részére; ezek a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Adattárában megtalálhatók. Így visszaérkeztünk a bevezető mondathoz, az 1952-ben meginduló *Geofizikai Közleményekhez*. Mint az I. kötetből kiviláglik, merészen, havi megjelenésű lapnak szánták, ennek megfelelően a kötet felöleli az 1–12. számot. Az egyes „füzeteket” nem látták el borítólappal, abból a megfontolásból, hogy az év végén egybekötik a 12 számot. Az induló lap bevezetőjét *Renner János* igazgató írta, a szerkesztés az Értelmező és Földtani Osztály feladata lett, név szerint *Budai Tibort* megnevezve szerkesztőként. A vegyes témájú, magyar nyelven megjelenő cikkeket orosz és angol, ill. egyes esetekben német vagy francia rezümével és ábraaláírásokkal látták el.

*Dombai Tibor* 1954. évi igazgatói kinevezésétől kezdve az ő neve szerepel felelős szerkesztőként a címlapon. A kezdeti nagy remények a havonta megjelenő számokról hamarosan szertefoszlottak, a célkitűzés évi négy füzetre módó-

sult, de ezek is gyakran mint összevont számok jelentek meg. A cikghiány megoldására a Magyar Geofizikusok Egyesülete 1956-ban megindított nemzetközi ankétjai előadásainak publikálását kezdi meg, mint azt a VI. kötet összevont 1–2. számának bevezetőjében a felelős szerkesztő írta: „Közös munkánkba be akarjuk vonni a szomszéd népek geofizikusait is. Ankétunk tárgykörével, a Kárpát-medencék regionális geofizikájával ugyanis nem foglalkozhatunk anélkül, hogy messze hazánk határain túli összefüggésekre ne lennénk tekintettel.”

Ilyen közös téma kiírása természetesen nem mindig sikerült annak ellenére, hogy minden évben igyekeztek egy meghatározott témakörből hívní meg előadókat. Ennek megfelelően meglehetősen vegyes témájú cikkek gyűltek össze, és ehhez még hozzájárult a nyelvi változatosság is; a cikkek azon a nyelven jelentek meg, amelyen elhangzottak.

Újabb megújítási szándékkal vette át a szerkesztőséget 1964-ben Szénás György mint az átszervezett Egyeztető Osztály osztályvezető főgeológusa. Az első számot az ELGI 1961. *Évi Jelentése* tölti ki, a 2. számot a Magyar Geofizikusok Egyesülete IX. Nemzetközi Ankétján, 1963. szept. 17–21-én elhangzott előadások közül válogatták, a 3. szám az ELGI 1962–63. évi, cikkek formájában megírt jelentését tartalmazza, míg végül a 4. szám gyűjti össze az év cikktermését.

Ugyanebben az évben megindítottak egy új kiadványsorozatot is. A szerkesztőség előszavában a célt a következőképpen fogalmazza meg:

„A M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1964-től kezdve új kiadványsorozattal lép a nyilvánosság elé. Az új sorozat címe: *A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Évkönyve*. ...az Évkönyvet a terjedelmesebb tanulmányok számára tartjuk fenn: tájegységi monográfiák, alapvető elméleti tanulmányok és obszervatóriumi adatsorozatok számára.

Az Évkönyv első kötete: a Mecsek és a Villányi-hegység geofizikai kutatásának eredményei. Ez a néhány ív terjedelmű tájegységi monográfia évtizedes földtani és geofizikai kutatások eredményeit tartalmazza. ...

Ez a monográfia három nagy kutatószervezet: a M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, a mecseki Ércbánya Vállalat és az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt Szeizmikus Kutatási Üzemének eredményeit használta fel és olvasztotta egybe.

Azzal bocsátjuk útjára az első magyar geofizikai Évkönyvet, az első magyar geofizikai tájmonográfiát, hogy ismertesse az évtizedes kutatások tanításait, hirdesse a geofizikai kutatások jelentőségét és legyen bizonyítéka a kutatók eredményes együttműködésének.”



Az Évkönyv következő évben kiadott második kötete már *Szénás György* munkája, címe: „A geofizikai térképezés földtani alapjai Magyarországon”, amely gyakorlatilag akadémiai doktori dolgozatának megjelentetése évkönyvi formában. Ezzel a merész célokkal indított sorozat véget is ért, több kötet nem jelent meg.

Megindítottak – vagy inkább újraindítottak – viszont egy másik kiadványt, a M. Áll. Eötvös Loránd Geofizikai Intézet *Évi Jelentését*. Az első, 1966-ban megjelent, az 1965. évi munkákról szóló beszámolót tartalmazó kötetet még gépelt, sokszorosított formában adták ki, de a következő évtől már nyomdai formát kapott. Az előszóban megfogalmazottak szerint az előző években, az egyedi beszámolókat tanulmányként jelentettük meg a *Geofizikai Közleményekben*. A tartalom szükségképpen szemelvényessé vált, mert egy kutatóintézet nyilvánvalóan nem tudja évről évre befejezni valamennyi témáját, publikációra pedig általában csak befejezett kutatások alkalmasak.

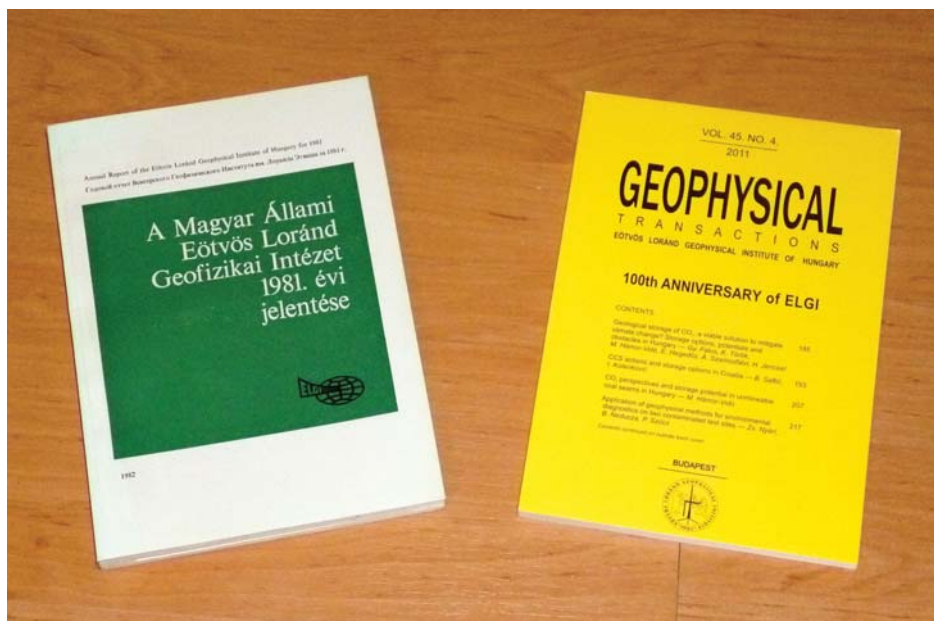
A Geofizikai Intézet témáinak száma jelenleg – jóllehet törekszünk az elérhető koncentrációra – meghaladja a negyvenet. Ezek legnagyobb része – véleményünk szerint – igényt tarthat a nyilvánosság érdeklődésére és bírálatára még befejezetlenül is. Valamennyit ismerni kell azonban, hogy az olvasó megítélhesse az Intézet széles skálájú tevékenységét és az egyes témák logikus illeszkedését a teljes tématervbe. Ezért az *Évi Jelentésünkben* lényegében valamennyi témáról beszámolunk, ügyelve arra, hogy a különbség az egyes témák jelentősége és kidolgozottsági foka között ne sikkadjon el.

Az *Évi Jelentés* a 70-es évek végéig ebben a formában jelent meg, *Szénás György* 1974. évi halála után *Nagy Magdolna*, majd 1977-től *Kilényi Éva* szerkesztésében. A 80-as évek elején – az intézeti dokumentálható publikációs tevékenység növelése érdekében – visszatértünk az induláshoz: az egyes témák beszámolóit cikkszerűen, konkrét szerzők feltüntetésével jelentettük meg. A kiadvány fő nyelve magyar, angol és orosz ábraalírásokkal. A magyar szöveg után következő angol, majd orosz nyelvű részben a földtani témákról rövid összefoglalást közöltünk, a módszertani cikkeket viszont teljes fordításban adtuk közre, ezáltal is hangsúlyozva azok publikáció jellegét. A kiadvány volumene egyre növekedett, és minősége javult, a 80-as évek közepére már 300 oldal körüli terjedelemben, színes ábrákkal és szelvény-, illetve térképmellékletekkel jelent meg. *Kilényi Éva* nyugdíjba vonulása után a szerkesztést *Hegybíró Zsuzsanna* vette át 1991-ben.

Miközben az *Évi Jelentés* növekedett, gazdagodott, a *Geofizikai Közlemények* cikkellátottsága továbbra sem javult. A probléma megoldásának egyik lehetősége

a korábban Évkönyvként indított összefoglaló tanulmányok megjelentetése mint a *Geofizikai Közlemények* különszáma. Egyik ilyen nevezetes kötet az 1972-ben, a Planetáris Geofizikai Akadémiai Bizottság és a Kárpát-Balkán Asszociáció Geofizikai Bizottságának égisze alatt teljesen angol nyelven megjelenő, „The Crustal Structure of Central and Southeastern Europe Based on the Results of Explosion Seismology” című cikkgyűjtemény. Az eredeti célnak megfelelő, vegyes cikkek közlő folyóirat ekkorra már évi egy számra zsugorodott, mindössze kötetszámmal jelölve, sőt előfordult, hogy az egyetlen füzet is valójában egy különszám kritériumainak felelt meg, mint „A Tiszavidék és a Tiszántúl mélyszerkezetének geoelektromos kutatása” 1981-ben.

Az újabb megújulási kísérlet, a *Geofizikai Közlemények* mennyiségi és minőségi javítására, nemzetközivé tételére a 80-as évek elejéhez kötődik. Célkitűzésünk, hogy évenként négy szám alkosson egy kötetet, a hazai és nemzetközi kapcsolatok élénkülésével, az ELGI kutatóinak az European Association of Exploration Geophysicists (EAEG) munkájába való bekapcsolódásával ez megvalósíthatónak látszott. A hazai együttműködés példája az ELTE Geofizikai Tan-



10-3. ábra. Az ELGI Évi Jelentésének és a *Geofizikai Közlemények*nek egy-egy száma

széke munkatársai összefoglaló munkájának megjelentetése Magyarország geotermikus viszonyairól, míg a nemzetközi kapcsolatokra kimagasló példa a U.S. Geological Survey és a Központi Földtani Hivatal együttműködési szerződése keretében végzett változatos kutatási témák összefoglaló kiadványa 1985 decemberében, amelyben közreműködőként részt vett a MÁFI, az OKGT, a Geofizikai Kutatóvállalat és az SzKFI. Ezt a kiadványt az Egyesült Államok Geológiai Szolgálat (USGS) is terjesztette, és kb. 2000 példány került a világ minden tájára. Az EAEG-vel kezdeményezett együttműködés eredményeként jelent meg 1988-ban az 1987. évi belgrádi közgyűléshez kapcsolódó, „Anisotropy, shear waves and polarization measurements” c. workshop anyaga. E kezdeményezés sajnos nem folytatódott, mert az előadások megjelentetésének joga a *Geophysical Prospecting* lap tulajdona és a szerkesztőség nem volt hajlandó lemondani még az utólag általuk meg nem jelentetett cikkekről sem, nem beszélve arról, hogy a nívót mi magunk is magasan kívántuk tartani.

Az Intézet 1993. évi leépítése után az Intézet új vezetése anyagi okok miatt úgy határozott, hogy a két kiadvány közül csak a folyóiratot tartja meg. A *Geofizikai Közlemények* megjelentetése a fokozatos létszámcsökkenés miatt azonban még így is egyre ritkábbá vált. Az ELGI-ben végzett, a hazai kutatásokhoz kapcsolódó magyar nyelvű szakcikkek egyre inkább a Magyar Geofizikusok Egyesületének folyóiratában a *Magyar Geofizikában* jelentek meg. A *Geofizikai Közlemények* utolsó száma 2012-ben jelent meg.

## 10.5. Jószolgálati létesítmények, szakszervezet, üdülés

*Németh Lajos*

### 10.5.1. Bevezetés

Az Intézet Szakszervezeti Bizottsága 1953-ban alakult, miután különvált a Földtani Intézet Bizottságától. Első SzB titkára *Sédy Loránd* volt. Őt követték: *Csomor Dezső, Bogdán József, Szabó Zoltán, Németh Lajos, Békássy Csaba, Bagi Róbert, Draskovics Pál, Hermann László és Madarasi András*.

Ebben az időben, 53-tól a szakszervezet is képviseltette magát az osztályvezetői testületben. Foglalkozott a SzOT üdülőjegyek szétosztásával, segélyezéssel. Baráti összejöveteleket rendezett hol a Szabó József utcai épületben, hol a Damjanich utcai részlegben. A Földtani Intézettel közösen, évente egyszer bált rendezett

nagyobb részt a Földtani Intézet akkor még létező „színháztermében”. Népi táncscsoport is szórakoztatta a közönséget, amelynek tagjai az Intézet részéről: *Haász Istvánné, Tóth Mária és Gödriné* (későbbi *Hoffer Egonné*) és *Németh Lajos* voltak.

A székházba költözés után (1970) jelentősen megnövekedett az SzB szerepe az Intézet életében. Az SzB titkár az intézetvezetés tagja lett. A szakszervezet megszervezte az első nyugdíjastalálkozót, amelyen akkor kb. 30–40-en vettek részt, jelen volt *Rybár* professzor, *Renner János* igazgató és volt intézeti dolgozók. Ezek a találkozók a mai napi ismétlődnek, és volt, amikor gazdag vendéglátás és ajándékozás emelte a színvonalat, jelen időben az összetartozás és az egymáshoz való ragaszkodás adja meg az értékét e találkozóknak.

Az akkor divatos névadó ünnepségeket az igényeknek megfelelően az SzB szervezte meg. A nőnapokon vendégül látta az Intézet nődolgozóit, megajándékozva őket a virágon kívül apró ajándékokkal is. Már a 60-as évek derekán bekapcsolódott az országosan terjedő szocialista brigádmozgalomba, patronálta és támogatta az egymás után alakuló brigádokat. A jól működő brigádmozgalom kétszer is elnyerte a Kiváló Intézet címet.

A Székházban a szakszervezet gondoskodott a dolgozók szórakoztatásáról is. Az évente egyszeri táncos összejövetelre műsort is szervezett. Ilyenek voltak Hofi Géza humorista önálló műsora, Bárdy György színész önálló műsora, majd egy vegyes társaságé, ahol Hofi Géza humorista is szerepelt.

Ezek hatására, ún. „szeizmikus bulik” is szerveződtek évenként, amíg igény volt erre. A szakszervezet tanulást támogató segélyekre is javaslatot tett – lehetőségei szerint saját költségvetésből.

Évente 1-2 alkalommal autóbuszos kirándulásokat szervezett az Ibusz, majd a Cooptourist igénybevételével, igen alacsony részvételi árakkal.

A Téli ünnepségeket az SzB minden évben megrendezte a gyermekek számára. Az első Mikulás még az őszi időben *Horváth Árpád* volt, a székházban pedig *Rákóczi Pista* látta el – külön rászabott ruhában (*Ferenczy Magdi* készítette) – a Mikulás áldásos ajándékozó feladatát.

A Bányász Napok megrendezése az Intézet hatáskörébe tartozott, de ebben is tudott segítséget nyújtani az SzB. Ezek nagyrészt a székház ebédlőjében, de a Homonna utcai telepen is nagyszabású vendéglátás közepette zajlottak le, természetesen jutalmazással egybekötve.

Az első 10 év után bevezette az Intézet a törzsgárdatagságot, amely alkalommal a törzsgárdatagok emléklapot és pénzjutalmat kaptak. Ezt követte az évek során a 20–30 éveen át hűséges tagok megbecsülése.

Az év végi – sokszor késő esti órákba nyúló szakmai beszámolókon az SzB titkár is mindig részt vett. A beszámolókon ismertetett elért eredmények képeztek az alapját az ezután következő jutalmazásoknak, amelyek elosztásában az SzB titkár is beleszólhatott ugyanúgy, mint a bérek meghatározásába is. Év végén, hosszú éveken keresztül szilveszterkor minden főosztály, osztály megrendezte a maga összejövetelét, amelyek mindig jó hangulatban zajlottak le.

A 70-es évek elején *Németh Lajos* felelős szerkesztésében megjelent a *Szakszervezeti Híradó*, amelyben az Intézet dolgozói tájékoztatót kaptak az intézetvezetői határozatokról, a brigádmozgalomról, a segélyezésről, üdültetésekről ki- és belépő dolgozókról és egyéb aktuális hírekről, eseményekről. A *Szakszervezeti Híradó* egy évtizeden át nyújtott tájékoztatást a fontosabb történésekről Intézetünk életében.

### 10.5.2. Az üdültetésről

Az akkor még létező SzOT beutalók elosztásával szintén a szakszervezet foglalkozott. Azonban a viszonylag kevés SzOT beutaló miatt szükségessé vált – az igények növekedése következtében – más üdültetési lehetőségek megteremtése is.

Így került sor a papszigeti telek megszerzésére. *Müller Pál* igazgató kérésére *Lukács János* és *Németh Lajos* felkereste a Szentendrei Tanács elnökét telekszerzés céljából. Az elnök időt szakítva, kiment velük Papszigetre, ahol a sziget déli felén bármelyik telek között választhattak. Ők a sziget csücskét választották, mivel ott nemcsak a Duna mellékága, hanem a fő folyam is használható volt. A telket térítésmentesen adták át, csupán a tereprendezés és az épület felépítése volt az Intézet feladata. Ez meg is történt, először egy készen vett kis hétvégi házat épített fel magas póznákra az árvízveszély miatt a Műszaki Osztály brigádja *Lukács János (Janika)* vezetésével, majd rövidesen felépült a ma is álló – többszörösen átalakított – téglaház vendégszobákkal, társalgóval, WC-vel, zuhanyzóval. A ház üdültetéseken kívül tanácskozásokra is biztosított lehetőséget. *Bodoky Tamás* később, hogy megvédje a létesítményt, obszervatóriumi részleget alakított ki annak egy részében.

Szintén az SzB egyetértésével került sor a balatonudvari telek megszerzésére. Az eredetileg zsombékos, vizes Balaton parti részt, előbb fel kellett tölteni, hogy használhatóvá váljék. Ezt a műveletet szintén a Műszaki Osztály segítségével hajtották végre, mígnem egy biztos talajú, sík felületet nyertek. Ezután a telek termőfölddel való beborítása is megtörtént. Faházak beszerzésével az

igazgató *Németh Lajost* bízta meg, aki végül hosszas utánajárás után talált megfelelőt, amelyet meg is vásároltak. A víz- és csatornarendszer megépítése *Lukács János* irányításával megtörtént. A házak berendezéséhez az SzB is hozzájárult. Fák telepítésében *Magyar Balázs* jeleskedett. Kezdetben kutatóbázis elnevezéssel működött a telep. Itt az első időkben majdnem ingyenesen nyaralhattak az intézeti dolgozók családjaikkal. Az akkori Balatanudvari Tanács cserébe sok segítséget kapott az Intézettől, elsősorban a Műszaki Osztály dolgozóitól. A balatonudvari létesítményt 2006 után az Intézet székházának nagy részével együtt át kellett adni az MBFH-nak.

Miután ezek az üdülési lehetőségek is kevésnek bizonyultak – holott a KFH Siófoki Üdülőjébe is kaptunk néhány beutalót – szükségessé vált újabb üdülési lehetőségek keresése. *Fejes Imre*, akkori üdülési felelős a Velencei-tó partján keresett és talált is megfelelő helyet egy rövid időre.

Említésre méltó még, hogy úgy a 60-as elején *Dankházi Gyula* kollégánk a Szántódon levő üres telkét ajánlotta fel, hogy ott a régi robbanóanyag-raktár anyagát felhasználva felépüljön egy, a füves talajon álló, vaságyakkal berendezett építmény, amelyben szabadságukat tölthették az erre vállalkozók. Nos, voltak ilyenek, és sokan ki is használták ezt a lehetőséget.

# 11. fejezet

## **Báró Eötvös Loránd- Emlékgyűjtemény**

*Baráth István, Szabó Zoltán*

## 11.1. Báró Eötvös Loránd-Emlékgyűjtemény

Az Eötvös-hagyaték fennmaradása két tényezőnek köszönhető. Egyrészt a közvetlen munkatársaknak, elsősorban *Pekár Dezső* gondosságának, másrészt Eötvös lányainak, akik utód nélkül hunytak el, és ezért személyes hagyatékuk nagy része is az Intézetre maradt. Eötvös műszerei a Pázmány Péter Tudományegyetem Fizikai Intézetének laboratóriumában folyamatos használatban voltak. 1946-ban az ELGI-nek a MÁFI épületébe való költözésekor kerültek ládába. 1952-től az ELGI gravitációs osztályán, a Damjanich utca 28/b. II. emeletén a lakásokból kialakított irodahelyiség verandáján helyezték el. A hagyaték családi vonatkozású része *Eötvös Rolanda* és *Pekár Dezső* 1953-ban bekövetkezett halála után került az Intézetbe, ill. 1955-ben a Tihanyi Observatórium ún. Eötvös-szobájába. Közben, 1954-ben, Eötvös műszereit műszaki emlékké nyilvánították. A Homonna utcai telephely elkészülte után, a műszerek az ottani hidegarázsba kerültek, *Lukács János* műszaki osztályvezető-helyettes gondos és óvó felügyelete alá. A hagyaték



11-1. ábra. Eötvös dolgozószobájának bútorai a tihanyi apátság épületében rendezett kiállításon, 1970-ben



1971-ben Marx György fizikusprofesszor jóvoltából Eötvös íróasztalával bővült, majd az oldalági Eötvös-leszármazott, Náray György halála után, kívánságának megfelelően, néhány levél és hivatalos dokumentum, valamint Keleti Gusztáv a tizenkét éves Eötvös Lorándot ábrázoló nagyméretű olajfestménye került az ELGI birtokába.

Az első nagyobb szabású Eötvös-kiállításra 1970-ben, az első torziós inga elkészültének 80. évfordulója alkalmából került sor a tihanyi apátság épületében. 1971-ben, a Ság hegyi mérések 80. évfordulóján, Celldömölkön, a mérések színhelyén helyi lokálpatrióták kezdeményezésére bazalt emlékoszlopot állítottak fel. Az emlékmű felavatására 1971. október 17-én került sor, az avatóünnepséghez kapcsolódva egyhetes Eötvös-kamarakiállítás nyílt a celldömölki Berzsenyi Dániel Gimnáziumban. A 70-es évek első felében állagmegőrzési jelleggel néhány műszert is felújítottak.

A következő kiállításra 1984. szeptember 22-én került sor ismét a tihanyi apátság épületében, mely abban az időben a Veszprém megyei Múzeumi Igazgatóság alá tartozott. Az állandóra tervezett kiállítást nagy viták előzték meg,

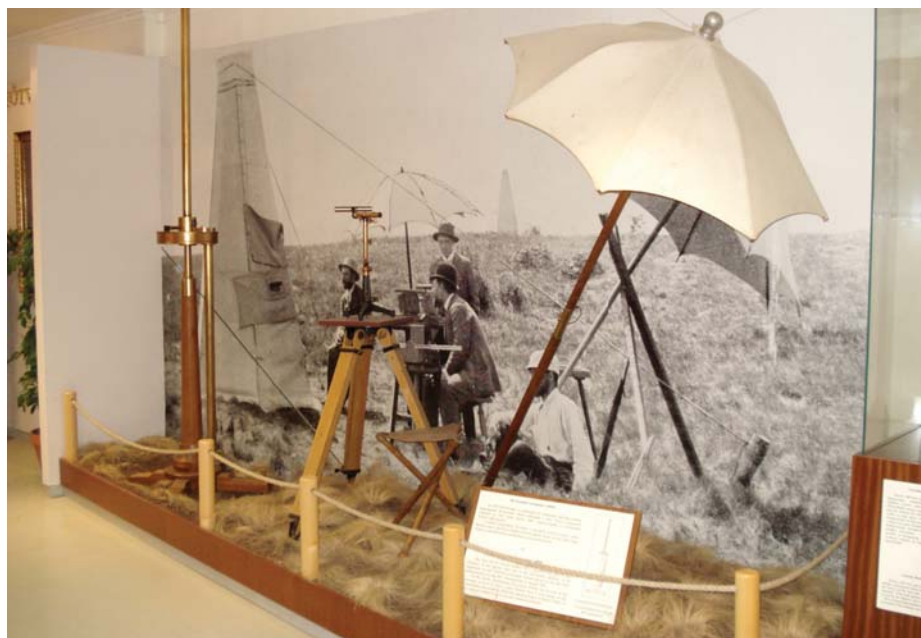


11-2. ábra. Eötvös műszereinek kiállítása az EAEG konferencia alkalmából, Pesti Vigadó, 1985

mert eredetileg a múzeum igazgatója az apátság épületében csak időszakos kiállításoknak kívánt helyet biztosítani. Végül *Uzsoki András* igazgatóhelyettesnek sikerült kiharcolnia a kiállítás fennmaradását, melyet ennek ellenére néhány év eltelte után az egyik tihanyi tájházba telepítettek át.

Külön említésre érdemes az 1985. évi budapesti EAEG konferencia alkalmából rendezett nagy sikerű műszerkiállítás a budapesti Vigadó épületében, amikor a konferencián 45 országból megjelent 2294 résztvevőnek alkalma nyílt Eötvös egyedülálló, *Süss Nándor* közreműködésével készült műszereinek megtekintésére. A konferencia emlékére valamennyi résztvevő kapott egy Eötvös-ingát ábrázoló plakettet, valamint Eötvös életét és munkásságát bemutató minikönyv díszdobozos példányát.

1990–91-ben az Eötvös-kiállítás anyagát a tihanyi tájházból az obszervatórium 4 helyiségének összenyitásával kialakított terembe telepítették át. Erre a kiállításra alapozva – 1997-ben pályázat útján nyert pénzből – készült el *Sörös László*, *Körmendi Alpár* és *Szabó Zoltán* közreműködésével az ELGI honlapján található virtuális Eötvös-múzeum.



11-3. ábra. A rekonstruált ősinga háttérében a Ság hegyi mérés képével



11-4. ábra. Az Eötvös család családi emlékeit bemutató tárolók egyike



11-5. ábra. Az Eötvös-ingák fejlődésének bemutatása, előtérben az ún. balatoni inga

Miután a nagyméretű számítógépek elavultak, az ELGI központi épületében felszabadult az R-35 számítóközpont két szobából álló helye, így ott lehetőség kínálkozott arra, hogy 1998-ban, Eötvös Loránd születésének 150. évfordulója alkalmából – *Bodoky Tamás* igazgató kezdeményezésére és folyamatos támogatásával – két kiállítótermet és egy raktárhelyiséget alakítsunk ki egy állandó Eötvös-kiállítás céljára. A kulturális kormányzat, valamint az érdekelt Fővárosi és Kerületi Önkormányzat, társadalmi szervezetek és geofizikával foglalkozó cégek támogatásának köszönhetően megfelelő körülményeket tudtunk biztosítani az Eötvös-hagyaték Budapesten történő, állandó jellegű bemutatásához. A hagyaték teljes anyagát Tihanyból Budapestre szállítottuk, és kellő felújítás után jelenleg valamennyi, Magyarországon kifejlesztett Eötvös-ingát be tudjuk mutatni az érdeklődőknek. A kiállítás szervezése *Baráth István*, a szakmai anyag összeállítása *Szabó Zoltán*, a kivitelezés *Szőke Imre* munkájának köszönhető.

Külön ki kell emelnünk, hogy a költözés során a sok maradék alkatrész között *Körmendi Alpár*nak sikerült felismernie Eötvös legelső – sokáig elveszettnek hitt – ingájának (horizontális variométer) néhány lényeges alkatrészét, melyek felhasználásával *Holló Ferenc* szakavatott közreműködésének köszönhetően, sikerült a műszert rekonstruálni.

A kiállítást 1998. szeptember 22-én a kulturális kormányzat, a XIV. Kerületi Önkormányzat és a magyar tudományos élet jeles képviselőinek jelenlétében nyitottuk meg. A megnyitóhoz kapcsolódva 1000 példányban megjelentettük Eötvös három legfontosabb cikkét reprint formában és angol fordításban, életrajzi bevezetéssel, valamint a Tájak-Korok-Múzeumok Kiskönyvtár sorozatban az Eötvös Loránd-Emlékkiállítás magyarázóját magyar, majd valamivel később angol nyelven is.

A kiállítás vitrinjeiben és tárlóiban bemutatjuk Eötvös Loránd családi vonatkozású, ifjúkori, személyes és tudományos tevékenységéhez tartozó tárgyait és dokumentumait. A kiállítás igazi szenzációja azonban az, hogy egyedül a világon itt látható a Magyarországon kifejlesztett Eötvös-féle torziós inga valamennyi változata, az 1890–91-ben készült első ingától kezdve az 1950-es években kifejlesztett változatokig. Külön kiemelendő, hogy a bemutatott műszerek közül kettő is nagydíjas lett világkiállításon, nevezetesen az első, már tudatosan terepi használatra tervezett, balatoni vagy párizsi inga, amely az 1900-as Párizsi Világkiállításon, továbbá az E-54-es típus, amely az 1958-as Brüsszeli Világkiállításon nyerte el a Nagydíjat. Az ingákon kívül feltétlenül megemlítendő a világ első, mechanikai elven működő gravimétere, az 1901-ben készült Eötvös-féle bifiláris graviméter.



11-6. ábra. Az Eötvös-síremlék avatása a Kerepesi úti temetőben, 1932. október 30-án



11-7. ábra. Eötvös sírjának hagyományos koszorúzása 1958. április 9-én. A résztvevők balról jobbra: Haáz István Béla, Barta György, Bertha István, Zilahy-Sebes László, Haázné Rózsás Hajnal, Albert Anna, Nagy Jánosné, Salamon Jutka, Kovács Béla, Renner János, Dombai Tibor, Földi Gyula





11-8. ábra. Eötvös Loránd sírjának megkoszorúzása (2011) a róla elnevezett iskolák diákjainak részvételével

A hagyományok ápolásához tartozik még, hogy 1990-ben az Intézet alpinistái négy nyelvű emléktáblát helyeztek el az olaszországi Dolomitokban, az Eötvös-csúcs oldalában. Az ELGI munkatársai a mai napig őrzik az elődöktől örökölt hagyományt, miszerint Eötvös halála napján, minden év április 8-án, megkoszorúzzák az Intézet névadójának sírját, a Kerepesi úti Nemzeti Sírkertben. A megemlékezéshez az utóbbi években csatlakoztak az Eötvös Loránd nevét viselő más intézmények képviselői is.

Az Eötvös-kiállítás keltette nagy érdeklődés vezetett arra, hogy bemutassuk az Eötvös utáni korszak immár muzeális értékű műszereit. Míg Eötvös műszerei egyrészt a kor szellemének megfelelően és *Süss Nándor*, a magyar finommechanika megteremtőjének köszönhetően az „örökkévalóságnak” készültek, és esztétikai szempontból is élményt nyújtanak, az újabb korok műszereit már elsősorban a célszerűség jellemzi.

Magyarországon az 1930-as évek második felében honosodtak meg a szeizmikus, geoelektromos és mélyfúrás-geofizikai módszerek. A hazai gyakorlatban kezdetben külföldi beszerzésű műszereket alkalmaztak, majd az 1950-es évektől, de különösen a 60-as évek második felétől kezdve intenzív intézeti műszerfejlesztés kezdődött. Ennek fennmaradt és megőrzött példányai alkotják a gyűjteményt.

mény újabb kori részét. A legrégebbi, főleg szeizmikus műszerek megőrzésében és összegyűjtésében kiemelkedő szerepe volt *Sédy Loránd*nak, aki mindvégig szívügyének tekintette a használatból már kivont műszerek megőrzését és – a sokszor igen mostoha raktározási lehetőségek ellenére – mindig talált módot arra, hogy egy-egy értékes, öreg példányt megmentsen az utókor számára. A későbbiekben méltó követőkre talált a mélyfúrás-geofizika terén *Harnos Gyula* és *Szunyogh Ferenc* személyében. A gyűjtemény bemutatását a MINSZK-32 számítógépterminék felszabadulása tette lehetővé. A kiállítást a szakmai közönség részére 2001 decemberében nyitottuk meg, végleges kialakítására csak 2008 végén került sor.

*Baráth István* kitartó erőfeszítésének eredményeképpen az emlékkiállítást – egyéves ideiglenes működési engedély és a megfelelő feltételek és követelmények teljesítése után – az Oktatási és Kulturális Minisztérium 2007. március 2-án kelt MGy/673/2007. számú működési engedélye „Eötvös Loránd Emlékgyűjtemény” néven véglegesen múzeumi intézménnyé nyilvánította.

A gyűjtemény és a kiállítás nem jöhetett volna létre mindazoknak a kollégáknak az áldozatkész segítsége és közreműködése nélkül, akik szívügyüknek tekintik az ELGI múltjának megőrzését és az eötvösi hagyományok ápolását. Név szerint kell megemlítenünk *Szilárd Józsefet*, aki Eötvös külföldi levelezésének lefordításában és a dokumentumok megőrzésében játszott meghatározó szerepet.

## 11.2. Eötvös Loránd személyes relikviái és geofizikai műszerei

A látogató belépve a kiállítás helyszínére Eötvös Loránd arcképével találkozik, melyet *Komáromi-Kacz Endre* festett *Székely Aladár* 1913-as fotója alapján. Baloldalt édesapjának, *Eötvös József*nek a korteszászlójával találkozunk, jobboldalt az első vitrin helyezkedik el, amelyben az Eötvös család relikviái láthatók: családi bélyegzők, képek, császári adománylevél stb.

Követve az első terem eltéveszthetetlen útvonalát balra találkozunk a Ság hegyi mérés (1891) „igazi terepi képével” (*Szőke Imre* látványtervező munkája). Itt az „ősingával” Eötvös Loránd már olyan asszisztenciával dolgozott, mint *Kövesligethy Radó*, *Tangl Károly* és *Bodola Lajos*, későbbi neves egyetemi tanárokkal. A mérés sikere Eötvöst arra készítette, hogy műszere tökéletesítésén tovább dolgozzon.

Tovább haladva egy enteriőrrel találkozunk, ebben Eötvösnek a Fizikai Intézetben használt bútoraival. A dívány szomorú nevezetessége, hogy azon feküdt, amikor örökre lehunyta szemét.

A második vitrin a fiatal Eötvös személyes relikviáit mutatja be. Gyermekkori rajzai, versei, kirándulásairól, tanulmányútjairól készült vázlatok és rajzok korán megmutatkozó sokoldalú tehetségét bizonyítják. Ebben a vitrinben helyezték el bizonyítványait, diplomáit és a heidelbergi rendőrség egy dokumentumát is, amely egy sikeres vizsga utáni csendháborításért pénzbüntetésre ítélte a diák Eötvöst.

A harmadik vitrinben kitüntetései láthatók (a szerb királyság Szent Száva-Rendje, a francia Becsületrend lovagi fokozata), valamint I. Ferenc József meghívó levele a főrendi ház ülésére.

A negyedik vitrin relikviái a magánember szenvedélyeiről tanúskodnak. Az idős Eötvös délcegen ül Kevély nevű lován. Egyik kellemes szórakozása a lovaglás volt, mert így tudott könnyen kikapcsolódni a szellemi munkából. Gyakran 12 km-t lovagolt pestszentlőrinci nyaralójából az egyetemi előadásainak megtartására. Nyaranta kerékpározott. Szenvedélyes hegymászó volt. A Magyar Turista Szövetség első elnöke volt, akinek tiszteletére *Kovács Ferenc* turista indulót kom-



11-9. ábra. Eötvös a dél-tiroli hegyeken leányait fényképezi, a háttérben lányai, *Rolanda és Ilona*





11-10. ábra. Eötvös eredeti műszereit bemutató egyik vitrin, középen a bifiláris graviméterrel

ponált. Sokat túrázott a Dolomitokban, ahová idősebb korában lányai (*Rolanda és Ilona*) is elkísérték. Dél-Tirolban annyira tisztelték a magyar professzor hegymászó teljesítményeit, hogy 1902-ben egy 2837 m magas csúcsot róla neveztek el (Cima di Eötvös). Baráti társaságban gyakran tréfásan emlegette, hogy büszkébb hegymászó teljesítményeire, mint a torziós inga felfedezésére. Hegymászó útjain sokat fényképezett, de a régi Budapest egyes részeit is megörökítette. Az Intézet több mint 1000 sztereó üvegdia-felvételét őrzi.

Az 5. és 6. vitrinben az Eötvös és munkatársai által használt műszerek láthatók. A 6. vitrinben látható az Eötvös által konstruált bifiláris graviméter (1901), amely a világon az első, mechanikai elven alapuló graviméter. Mivel a műszer pontosságával és megbízhatóságával nem volt megelégedve, eredményeit Eötvös nem is publikálta. A sors fintora, hogy a harmincas évek második felében megjelent graviméterek voltak azok a műszerek, amelyek fokozatosan kiszorították az Eötvös-ingát a földtani kutatásból.

### 11.3. Az Eötvös-ingák bemutatóterme

A második teremben minden, Magyarországon gyártott ingatípus megtalálható. Külön figyelmet érdemel az ún. kettős nagy eszköz (1902), amelyben a mérési idő csökkentése érdekében két ingaszerkezet van egy műszerházba építve. A későbbiekben valamennyi ingánál ezt a megoldást alkalmazták. Eötvös Loránd és munkatársai ezzel az ingával végezték azokat a méréseket, melyek nagy pontossággal ( $1/200\,000\,000$ ) igazolták az ekvivalencia elvét, azaz a súlyos és tehetetlen tömeg arányosságát, kísérletileg alátámasztva Einstein általános relativitáselméletét. Ez irányú vizsgálataikért elnyerték a Göttingeni Egyetem Benecke-pályadíját és a nemzetközi tudományos élet, ezen belül Einstein, nagyrabecsülését. Többek között ennek köszönhető, hogy az 1979-es washingtoni centenáriumi Einstein-kiállítás rendezői kölcsönkérték (egymillió dollárra biztosították) és központi helyen állították ki Eötvös kettős nagy eszközét.



11-11. ábra. Eötvös-inga, az ún. „kettős nagy eszköz”

## 11.4. Az Eötvös utáni korszak geofizikai műszereinek kiállítása

*Baráth István*

A bemutatott több mint 230 db műszer és részegység kisebbik fele külföldi gyártmányú, nagyobbik hányada magyar (ELGI) fejlesztésű és gyártású. Az anyagot geofizikai módszerenként (gravitációs, földmágneses, geoelektromos, szeizmikus, mélyfúrás-geofizikai) rendeztük. A falakon elhelyezett posztterek tájékoztatják a látogatót az egyes módszerek kialakulásának történetéről, fizikai alapjairól, alkalmazási lehetőségeiről.



11-12. ábra. Az Eötvös utáni korszak geofizikai műszereinek kiállítása (még berendezés alatt, fali posztterek nélkül)



11-13. ábra. A Sterneck-inga, 1907



11-14. ábra. A Heiland-graviméter, 1949



11-15. ábra. A Schmidt-féle vertikális mágneses mérleg



11-16. ábra. A „DIdD” magnetométer





11-17. ábra. A GE-20 geoelektromos fajlagosellenállás-mérő műszer

A kiállítás a módszerek kialakulásának sorrendjében a *gravitációs* és földmágneses módszerrel indul. A kiállítás legrégebbi darabja az 1907-ben gyártott, ún. Sterneck-féle relatív inga. Kifejlesztése *Robert von Sterneck*, a Monarchia Katonai Földrajzi Intézetének későbbi igazgatója nevéhez fűződik és Stückerath Berlin-Friedenau-i műhelyében készült. A nehézségi gyorsulás két pont közötti különbségének meghatározására szolgál. Ezzel a műszerrel határozta meg Eötvös felkérésére *Oltay Károly* és *Szecsődy Miklós* 1908-ban a Budapesti Műegyetem épületében létesített gravitációs fólalappont Potsdamhoz viszonyított nehézségi gyorsulás értékét.

A hazánk egész területét egyenletesen lefedő és mai napig megbízhatónak tekin-



11-18. ábra. A gerjesztett potenciál mérésére is alkalmas DIAPIR berendezés

tendő, első országos gravitációs alaphálózatot (MGH-50) a kiállításon ugyancsak bemutatott Heiland-graviméterrel mérték az ELGI kutatói. Említésre méltó, hogy a műszer pontossága közel két nagyságrenddel nagyobb, mint a relatív ingaé.

A földmágneses résznél külön szerepelnek a terepi mérésre alkalmas magnetométerek, az 1930-as évekből származó, mechanikai elven működő, Schmidt-rendszerűektől a legújabb típusig, valamint a földmágneses tér időbeli változásának regisztrálására alkalmas obszervatóriumi mágneses variométerek. A tudomány és technológia fejlődésének szemléltetésére jó példa az 50-es évek

második felében kifejlesztett, kisebb szekrény méretű, csöves felépítésű protonprecessziós magnetométer és annak az 1970-es években készült ELSEC-féle változata. Külön figyelmet érdemel az amerikai (USGS) – kanadai (GEM Systems) – magyar (ELGI) együttműködés keretében kifejlesztett obszervatóriumi műszer (D1dD), amelyet ma már a világ több mint 30 országában alkalmaznak.

A geoelektromos műszerek közül három műszercsaládot kell kiemelnünk. A fajlagosellenállás-mérésen alapuló, sekélykutatásra alkalmas, zömmel egyenáramú GE műszerek, a vertikális elektromos szondázások és potenciáltérképezések műsze-



11-19. ábra. A TEM-80 digitális tellurikus mérőberendezés

rei. Ezeknek kifejlesztése az 1950-es évek második felében kezdődött, és melyeknek legfejlettebb változata (GE-20) már lehetővé tette a fajlagos ellenállás közvetlen leolvasását.

Az ELGI talán legsikeresebb geoelektromos műszerei közé tartozott DIA-PIR műszer család, mely a fajlagosellenállás-mérés mellett már a gerjesztett potenciál mérésére is alkalmas volt. Legfejlettebb tagja a DIAPIR-18, mely lehetővé tette az exponenciálisan lecsengő gerjesztettpotenciál-görbe észlelését, melynek analíziséből következtetni lehet az ércesedés minőségére, hogy pl. hintett vagy teléres ércesedésről van-e szó. Mindkét, fenti műszertípusból száznál több példány került exportra.

Harmadikként kiemelendők az elektromágneses elven működő geoelektromos műszerek. Míg az előbbi műszereknél a behatolási mélység az elektródatávolság függvénye, addig ezek ezeknél az elektromágneses hullámok frekvenciája szabja meg a behatolási mélységet. Közülük a Föld körüli térség természetes elektromágneses hullámait felhasználó, nagy mélységű kutatásra is alkalmas tellurikus műszerek digitális változata (TEM-80) érdemel különleges figyelmet, mely már a mérések feldolgozásának leginkább munkaigényes részét is elvégzi.

A mesterséges földrengéshullámok terjedésének mérésén alapuló *szeizmikus* módszerek műszerei jól mutatják a műszaki fejlődés menetét az elmúlt 80 évben. A miniaturizálás terén elért eredményeket legjobban a bemutatott geofonok szemléltetik. Az 1930-as években *Pogány Béla* műegyetemi professzor



11-20. ábra. Az 1930-as évek *Pogány-féle* geofonjai



11-21. ábra. A 24 csatornás fotoregisztrációs G-11 szeizmikus mérőműszer

irányításával kifejlesztett hatcsatornás berendezéshez tartozó, súlyos „bödön-szerű” kapacitív geofonoktól, az 50-es években használatos 24-csatornás berendezésekhez tartozó induktív geofonokon keresztül a mai, több száz csatornás telemetrikus berendezésekhez alkalmazott miniatűr geofonig.



11-22. ábra. Az SzM24+6 mágnesszalagos jelrögzítésű szeizmikus berendezés, a jobb szélén az irodai visszajátszó egység látható



A terepi felvevő rendszerekben hosszú ideig a fotografikus jelrögzítés egyeduralgó volt. Ebből az időszakból két műszert mutatunk be, a Geofizikai Mérőműszerek Gyárban kifejlesztett és gyártott, reflexiós és refrakciós mérésre egyaránt alkalmas G-11 hordozható 24 csatornás berendezést, valamint az ELGI–GMG együttműködésben megvalósított, csak refrakciós mérésre alkalmas Pioneer-2 mérnök-geofizikai berendezést.

Az első forradalmi változást a mágneses jelrögzítés bevezetése hozta a szeizmikus terepi felvevőrendszerekben. Az ELGI-ben 1957-ben indult el a fejlesztés, melynek eredménye a bemutatott SZM-24+6 típusjelű berendezés. A magnetofonos jelrögzítés óriási előnye, hogy a terepen rögzített jeleket utólag, laboratóriumban különböző, jel/zaj viszonyt javító eljárásokkal lehet visszajátítani.

A következő forradalmi változást a digitális jelrögzítés jelentette. Ennek a korszaknak legsikeresebb fejlesztési eredményei az ESS mérnökszeizmikus műszer, melyből 128 példányt exportáltunk, és a VEB Geophysik Leipzig-gel közösen kifejlesztett SD-10 mélyszerkezet-kutatásra alkalmas berendezés. A mérnök-geofizikai berendezéshez kapcsolódik az SR-2 felszíni rengéskeltő. Az acéltömbben elhelyezett vadásztölténnyel 25 tonna nyomóerőt sikerült elérni.



11-23. ábra. Az SD-10 24 csatornás digitális jelrögzítésű szeizmikus műszer (létezett 48 csatornás változata is)



11.24. ábra. Gili László Gábor Dénes-díjas fejlesztőmérnök az ESS mérnökszeizmikus berendezés egyes változataival

Visszahatásként az elsütés pillanatában az eszköz felugrik, ezért ez „kenguru” néven vált ismertté.

Figyelemre méltó a szeizmikus szelvények színes megjelenítésére kifejlesztett Corollpress plotter, melyet KGST integrációs együttműködési programok keretében Videoton számítógépekhez illetve, tengeri és szárazföldi felolgozóközpontokban rendszeresítettek.

A számítógépek miniatürizálása jelentette a következő forradalmi változást, melynek eredményeként jelentek meg a telemetrikus, akár 1000 csatornás szeizmikus berendezések. A 80-as években beindult fejlesztőmunka azonban félbemaradt, a bemutatott STAR-960 telemetrikus négycsatornás terepi egység üzembe helyezésére már nem került sor.

A mélyfúrás-geofizikai műszerek közül kiemelendők: A Schlumberger-féle kompenzátorral működő, félautomata karotázsberendezés, amely az 50-es években volt használatban.

A Picard-rendszerű galvanométereken alapuló, ABC-12 típusú, automata fotóregisztrálós műszer, melyeket a 60-as évek elején széleskörűen alkalmaztak a geofizikai kutatások különböző területein.

A jelentősen növekvő nyersanyag- (víz-, szén-, érc- stb.) kutatási igény tette szükségessé, az elektronika rohamos fejlődése pedig lehetővé a K-500 típusú mélyfúrás-geofizikai felszíni egység kifejlesztését. A mérési adatokat kezdetben négycsatornás fotóregisztrálón, majd a későbbiekben papírregisztrálón rögzítették. A műszert UAZ típusú gépkocsikba szerelve alkalmazták, maximális mérési tartománya 500 m volt.

Az egyre szaporodó sekély mélységű fúrás vizsgálatára fejlesztették ki a K-300 típusú mélyfúrás-geofizikai műszert, amely a K-500-as berendezés egysze-

rűsített, kézben hordozható változata. Mindkét mélyfúrás-geofizikai berendezésből sokat exportáltunk a volt szocialista országok mellett néhány kapitalista és fejlődő országba is.

A fúrások és a mérendő geofizikai paraméterek számának növekvő mennyisége tette szükségessé a K-500-as berendezéshez csatlakozó a terepi digitális regisztráló (KD-10M) kifejlesztését, megvalósítva az egyidejű analóg és digitális terepi regisztrálás lehetőségét.

A KD-20-as műszer volt az első, számítógéppel vezérelt karotázsalomás az ELGI-ben, amelyet KGST együttműködésben, az érdekelt tagországok kívánságára fejlesztett ki az Intézet.



11-25. ábra. Hordozható karotázsalomás (ABC-12)



11-26. ábra. Számítógéppel vezérelt karotázsállomás (KD-20)

A mélyfúrás-geofizikai mérés technikában az 1970-es évek végén, a 80-as évek elején egyedülálló megoldásnak számított Kelet-közép-Európában a számítógéppel vezérelt mérés, a mérés közbeni számítógépes feldolgozás és képernyős megjelenítés. A KD-20-as műszer volt az első számítógéppel vezérelt karotázs állomás, amelyet KGST együttműködésben, az érdekelt tagországok kívánságára fejlesztett ki az ELGI. A berendezés max. 3000 m-ig tudta mérni az alapvető fizikai paramétereket. Alkalmazási területe: víz-, szén-, érc-, szilárd ásványi nyersanyag- és termálvízkutatás.

A nagyobb mélységű fúrások (max. 5000 m-ig) vizsgálatát tették lehetővé a K-műszer család további tagjai (K-1000, K-1500, K-4000, K-5000). A műszer család új eleme a KD-10M továbbfejlesztett változata, a KD-30-as digitális regisztráló, mely a képernyős megjelenítéssel egyidejűleg biztosította az analóg és digitális jelrögzítést kazettára vagy 1/2"-os mágnesszalagra. A felvett szelvény visszajátszható volt, így a mérés utáni ellenőrzést is el lehetett végezni. A berendezést elsősorban olajipari fúrásokban alkalmazták.



A múzeum mélyfúrás-geofizikai szekciójában külön figyelmet érdemelnek a harántolt képződmények különböző fizikai paramétereinek mérésére alkalmas elektromos, nukleáris, akusztikus stb. szondák. Ezek magukon viselik az elektronika fejlődésének (csöves, tranzistoros, félvezetős stb.), valamint a detektorok korszerűsödésének lépcsőfokait. Valamennyi bemutatott szonda analóg jelet szolgáltatott.

## 11.5. A múzeumpedagógiai terem

A termet 2008 decemberében avattuk fel. A teremben öt tárló és az ezek fölött elhelyezett poszterek tanúskodnak a magyar geofizikusok sikeres külföldi tevékenységéről. Ezekből ki kell emelni az 1. tárlót, amely az 1956–60 között működő Kínai–Magyar Geofizikai Expedíciót mutatja be. A tárló és bejárati ajtó felett azok a kínai nyelvű zászlók vannak elhelyezve, amelyeket a kint dolgozó expedíció kutatói, dolgozói kaptak sikeres munkájukért a kínai kormánytól. A magyar kuta-



11-27. ábra. A múzeumpedagógiai szoba. Balról: Baráth István, Gili László és Kovács Béla

tók munkája nagymértékben hozzájárult Kína 1959-ben felfedezett, máig működő legnagyobb kőolajmezejének felderítéséhez.

A 2. tárló a Mongol–Magyar Geofizikai Expedíció emlékeit őrzi. A magyar geofizikusok évtizedeket töltöttek Mongóliában eredményes víz- és érckutatással. Kollégáink itt látható kormánykitüntetései bizonyítják ezt. Ebben a vitrinben látható Bece (Mongólia védőszentje) kézzel festet képe, valamint a Kandzsar (Buddhista Biblia) része (tibeti fanyomat).

A 3. tárlóban található a Kubai–Magyar Geofizikai Expedíció figyelemre méltó anyaga. A 4. és 5. tárló további geofizikai vonatkozású tudománytörténeti dokumentumokat tartalmaz.

A poszterek egyike kiterített világtérképen ábrázolja, hol végeztek kutatói munkát az Intézet geofizikusai, és a világ mely országaiba exportáltak geofizikai műszereket. A további falfelületeken Magyarország geofizikai térképei láthatók, többek között mélyszerkezeti, gravitációs, földmágneses, tellurikus stb. térképek. Ezek mellett a Magyar Kútgeofizikai Metrológiai Bázist, amely Európában egyedülálló mélyfúrás-geofizikai hitelesítő létesítmény, továbbá mérnök-geofizikai munkákat és a kőolajipari kutatásokat (GES Kft.) bemutató poszterek láthatók.

Itt kaptak helyet a gyűjtemény amerikai gyártmányú szeizmikus berendezései – CFS-1 (1975) és a DFS-V (1980) –, valamint a hazai fejlesztésű MTA-1527 típusú, neutronaktivációs elven működő, bauxitelemző műszer. Ez utóbbit, az  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  arány meghatározására alkalmas berendezést a világ számos országának bauxitiparában alkalmazták.

A múzeumpedagógiai szoba a látónivalókon kívül lehetőséget biztosít arra is, hogy egyének, kisebb csoportok egy-egy őket érdeklő témáról bővebb információt kapjanak meghitt, kultúrált körülmények között.

# Függelék

*Baráth István, Bodoky Tamás, Hegybíró Zsuzsanna,  
Kakas Kristóf, Kiss János, Verő László*

## A kötet szerzői

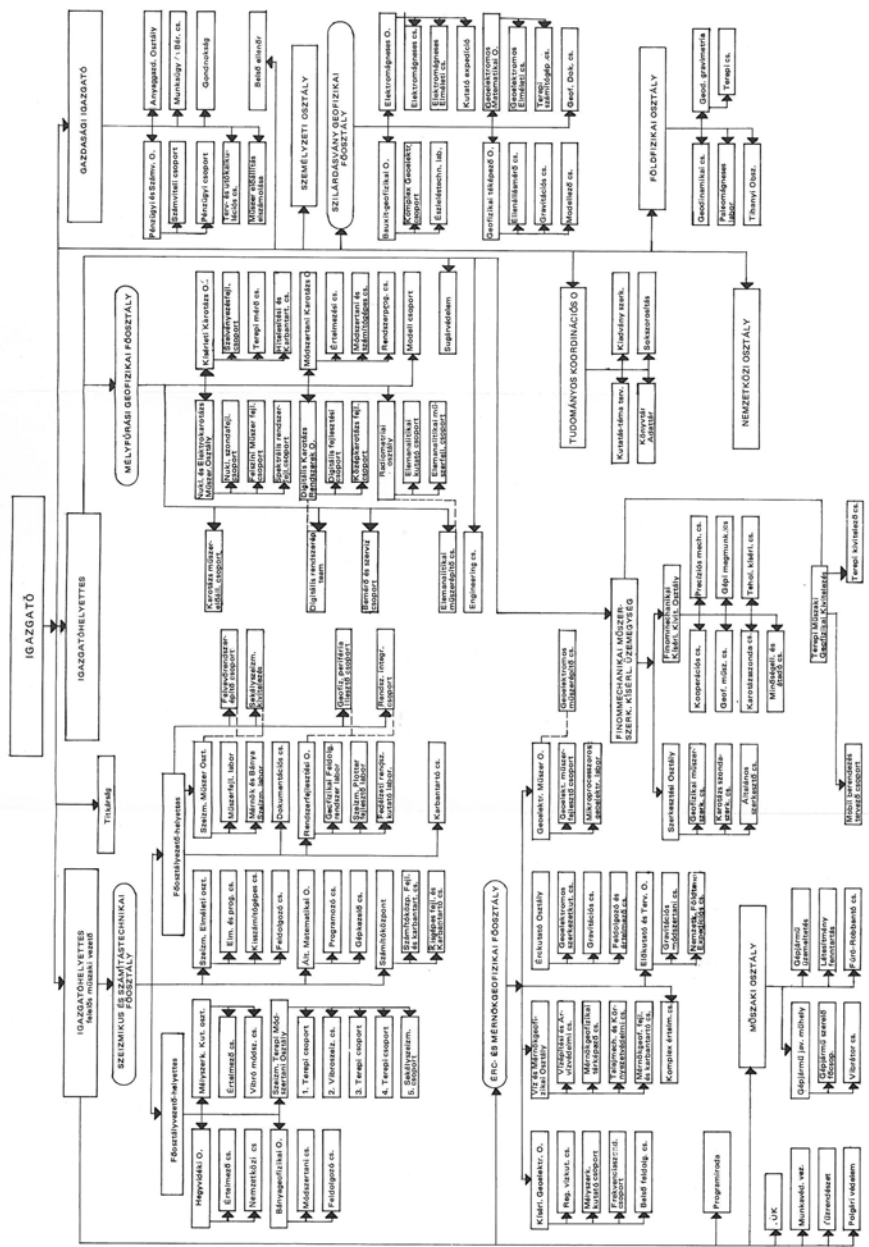
(tudományos minősítésük feltüntetésével)

Dr. Baráth István CSc	Mészáros Ferenc
Dr. habil Bodoky Tamás CSc, egyetemi magántanár	Mészárosné Jelinek Beáta
Braun László	Dr. Müller Pál CSc
Dr. Csapó Géza DSc <sup>†</sup>	Dr. Nagy Attila PhD
Dr. Draskovits Pál PhD	Dr. techn. Nemesi László
Dr. Fancsik Tamás CSc	Németh Lajos
Fejes Imre <sup>†</sup>	Pattantyús Ábrahám Miklós
György Lajos	Dr. Plank Zsuzsanna PhD
Dr. Hegedűs Endre PhD	Dr. techn. Polcz Iván
Hegybíró Zsuzsanna	Dr. habil Posgay Károly DSc, egyetemi magántanár
Hegymegi László	Ráner Géza <sup>†</sup>
Hermann László <sup>†</sup>	Redlerné Dr. Tátrai Marianna PhD
Hobot József <sup>†</sup>	Rezessy Géza
Hoffer Egon	Dr. Scholtz Péter PhD
Jánvári János	Dr. Simon András CSc
Jánváriné Kántor Ilona	Dr. Sörös László PhD
Jávorka Péterné	Szabó Zoltán
Kakas Kristóf	Szabóné Dr. Kilényi Éva CSc
Dr. Kis Márta PhD	Szalai József
Dr. Kiss János PhD	Szalay István
Kónya Albert	Tímár Zoltán
Kovács Attila Csaba	Tóth Csaba
Kovács Béla	Török István
Dr. Kovács Péter PhD	Dr. Török Kálmán CSc
Lendvay Pál	Varga Géza
Dr. Mártonné Dr. Szalay Emő DSc	Verő László
Merényi László	Id. Dr. Zilahi-Sebess László CSc <sup>†</sup>

Zsille Antal



# Az Intézet szervezeti felépítésének vázlata 1984-ben



# I. táblázat (4.2. szakasz)

Kakas Kristóf

## Áttekintés a dunántúli nyersanyagkutató geofizikai mérésekről<sup>1)</sup>

Év	Terület	Méretarány	Kutatók	Ismertetés	Megjegyzés
<b>Regionális és előkutató mérések</b>					
1965-1967	Germely–Szomor–Mány medence	1:50.000	Szabadváry L., ???	ÉJ1965, 103 o.	eocén szén + bauxit
1965-1966	Bicskei-medence	1:50.000	Szabadváry L., Lányi J.	ÉJ1966, 78 o.	eocén szén + bauxit
1966-1971	Bakony É-i perem (Szápár–Mór, Csatkai-medence)	1:50.000	Jósa E., Szabó M., Lányi J.	ÉJ1966, 94 o. ÉJ1969, 28 o. ÉJ1971, 15 o.	szén, bauxit
1967	Nyírád–Devecseri medence	1:50.000	Szabó M.	ÉJ1967, 81 o.; ÉJ1969, 36 o.	bauxit
1967-1968	Vértess D-i előtér	1:50.000	Nyitrai T., Lányi J.	ÉJ1968, ???	szén + bauxit
1968	Pápateszér-Bakonyszentlászló	1:50.000	Szabó M.	ÉJ1969, p.30	bauxit, urán, (szén)
1969-1970	Várvölgyi medence	1:50.000	Simon A.	ÉJ1969, 26 o.; ÉJ1970, p.16	bauxit
1969-1970	Budai hg. Ny-i perem	1:50.000	Lányi J.,	ÉJ1969, 32 o.;	bauxit
	Budakeszi medence	1:25.000	Kakas K.	ÉJ1970, p.18	
1970	Héreg–Tarjáni medence	1:25.000	??	ÉJ1970, 19 o.	szén + bauxit
1970-1971	Vértess hg. peremvidékei	1:25.000	Kakas K.	ÉJ1970, 19 o.,	bauxit + ologocén szén

<sup>1)</sup> A táblázatban elsősorban a Dunántúli-középhegységben 1965 és 1990 között végzett geofizikai területi felméréseket időrendben összegeztük. Az adatok forrása nagyrészt az Intézet évi jelentéssorozata, amely napjainkban is hozzáférhető, ezért áttekintést az Intézet működéséről. Mivel a geofizikai mérések is többé-kevésbé az ásványi nyersanyagkutatásra előírt kutatási fázisok (előkutató, felderítő, majd részletes kutatás) szerint történtek, egy-egy területen gyakran nehéz a több éven át végzett mérések befejezését megállapítani. A természetes és gazdaságos megismerési folyamat ugyanis regionális/előkutató mérésekkel indul, ennek során (a telepített fúrások eredményeit felhasználva) lépésről lépésre kizárhatók a nem perspektívus területrészek, és a későbbi fázisok kisebb területen, de nagyobb léptékkel (sűrűbb mérési hálózat mentén) folynak.

Év	Terület	Méretarány	Kutatók	Ismertetés	Megjegyzés
1971	Lencsehegy	1:10.000	Tóth Cs.	ÉJ1971, 22 o.	Szénbánya akna- telepítéshez, vetőmeghatározás
1971- 1973	Gerecse Ny-i előtér (Tatabánya-nyugat)	1:50.000	Hoffer E.	ÉJ1971, 16 o. ÉJ1973, 15 o.	Eocén szén
1971- 1972	Vértesséki előtér (Oroszlány-Ny)	1:50.000	Hoffer E.	ÉJ1971, 17 o. ÉJ1972, 14 o.	Eocén szén
1972- 1979	Gerecse DK	1:25.000 1:10.000	Rezessy G.	ÉJ1972, 16 o. ÉJ1973, 17 o. ÉJ1975, 17 o. ÉJ1966, 16 o. ÉJ1978, 14 o. ÉJ1979, 15 o.	szén +bauxit
1973- 1974	Bakony-D. előtere (Nagyvázsonytól a tapolcai medencéig)	1:25.000 1:10.000	Tóth Cs.	ÉJ1973, 19 o.	bauxit, egyéb nyersanyagok (alginit...)
1974	Sáska	1:10.000	Tóth Cs.		bauxit
1975-	Bakony Ny. (Magyarpolány)	1:50.000	Hoffer E.	ÉJ1977 14 o.	szén + bauxit
1975-	Tapolcai medence			ÉJ1975 17 o.	
1976	Bakony É.-i előtér (Kisbér-Tárkány)	1:50.000		ÉJ1976 13 o.	Eocén szén
1976	Herend-Márkó	1:25.000	Hamar D.		Bauxit + (szén)
1977-	Keszthelyi hg. Ny.-i előtér (Hévíz)	1:50.000		ÉJ1977 13 o.	
1976-	Velencei hg pereme	1:50.000	Majkuth T., Király E.	ÉJ1979, 18 o. ÉJ1980, 27 o. ÉJ1981, 21 o.	érckutató
1981- 1983	Zalaszentgyörgy-Kehida	1:50.000	Szörényi Z.	ÉJ1983, 23 o.	
1986- 1990	Villányi-hegység		Herczeg Gy.	ÉJ1986, 14 o.	bauxit- prognosztika
1986	Bajna-Epöl	??	Vértesséki L.	ÉJ1987, 14 o.	bauxit és szén
1986	Tapolcafü		Kiss J.	ÉJ1987, 16 o. ÉJ1988-1989, 87 o.	Kétszintes bauxit

Év	Terület	Méretarány	Kutatók	Ismertetés	Megjegyzés
<b>Szénkutató mérések (a Gerecse hegység körzetében bauxitkutatás is)</b>					
1970-	Gerecse-DK.		<i>Rezessy G.,</i>	ÉJ1980, 21 o. ÉJ1981, 15 o. ÉJ1982, 17 o.	„Eocén program” és bauxit elő kutatás
1972-	Bajna környéke	1:10.000	<i>Tóth Cs.</i>		Kismélységű szén
1980-	Sümeg–Ukk– Gyepükaján (később Ajka-II)	1:25.000	<i>Hoffer E., Nyitrai T.</i>	ÉJ1980, 16 o. ÉJ1981, 18 o. ÉJ1982, 16 o. ÉJ1983, 16 o. ÉJ1984, 19 o.	Szenon barnaszén kutatás
1980-	Magyarpolány	1:25.000	<i>Hoffer E.</i>	ÉJ1980, 16 o.	Szenon barnaszén kutatás
1980-	Kolontár-II	1:25.000	<i>Hoffer E.</i>	ÉJ1980, 19 o.	Szenon barnaszén kutatás
1981-	Márkushegy-Ny. (Bokod-III)	1:25.000	<i>Majkuth T., Rezessy G., Táborszky Gy.</i>	ÉJ1983, 18 o.	
1982- 1986	Lencsehegy	1:10.000	<i>Majkuth T., Rezessy G., Táborszky Gy., Molnár I.</i>	ÉJ1982, 22 o. ÉJ1985, 15 o. ÉJ1986, 18 o.	
1989	Zsámbék-É.	1:10.000	<i>Szörényi Z.</i>	ÉJ1988-1989	

Év	Terület	Méretarány	Kutatók	Ismertetés	Megjegyzés
<b>Közepes mélységű bauxitkutatás</b>					
1968	Halimba–Kabhegy	1:10.000	<i>Erkel A.</i>	ÉJ1968	Első PM értelmezés
1969	Sümeg–Nyírád	1:10.000	<i>Kakas K.</i>	ÉJ1969, 37 o.	
1971-	Bakonyoszlop	1:10.000	<i>Tóth Cs.</i>		Kísérleti PM, szeizm
1970- 1971	Vértesszlató	1:10.000	<i>Kakas K.</i>	ÉJ1971, 20 o.	
1975-	Iharkút, peremi terasz	1:2.000	<i>Kakas K., Bodri Gy., Dövényi P., Hamar D., Bodrogi M.</i>	ÉJ1977, 16 o. ÉJ1979, 16 o. ÉJ1981, 20 o.	

Év	Terület	Méretarány	Kutatók	Ismertetés	Megjegyzés
1979-1980	Bakonyoszlop	1:5.000	<i>Tóth Cs., Csathó B.,</i>	ÉJ1980, 22 o. ÉJ1981, 20 o. ÉJ1982, 25 o.	
1981-	Bakonyjákó, Csehbánya	1:10.000	<i>Újszászi J., Kakas K.</i>	ÉJ1981, 19 o.	
1982-	Tükröspuszta, Csordakút	1:10.000	<i>Farkas I., Lévay T., Rezessy G.</i>	ÉJ1982, 23 o. ÉJ1963, 21 o. ÉJ1985, 21 o.	
1982, 1984	Nyírad-É	1:10.000	<i>Kakas K., Szörényi Z.</i>	ÉJ1982, 26 o. ÉJ1984, 16 o.	Kréta fekvőjű bauxitkutatás
1982-1983	Somlyóvár	1:10.000	<i>Farkas I., Csathó B., Mészáros I.</i>	ÉJ1983	
1987	Szár–Csákánypuszta	1:10.000	<i>Szilasi Gy.</i>	ÉJ1987, 21 o.	
1988-	Csetény–Súr magasrög Csetény-I. telep	1:5000	<i>Tóth Cs.</i>	ÉJ1988–1989, 96 o.	Bauxit, feltolódás vízmegfigyelés

Év	Terület	Méretarány	Kutatók	Ismertetés	Megjegyzés
<b>Felszínközeli nyersanyagkutatás</b>					
1974-	alginítkutatás (Bakony, Kisalföld)	1:10.000	<i>Tóth Cs.</i>	ÉJ1974, 14 o. ÉJ1975, 22 o. ÉJ1977, 17 o.	alginít
1974-1979	Iharkút, bauxit (kibúvásos zóna)	1:2.000	<i>Kakas K., Bodri Gy., Dövényi P., Hamar D., Bodrogi M.</i>	ÉJ1974, 15 o. ÉJ1975, 12 o. ÉJ1977, 16 o.	bauxit
1980	Iharkút, külfejtés	1:500	<i>Bodri Gy., Bognár B.</i>	ÉJ1980, 25 o.	bauxit
1980-	Bakonyoszlop- Csesznek–Dudar	1:5.000	<i>Tóth Cs.</i>		bauxit
1983	Iharkút-Kelet (Királykút)	1:2.000	<i>Bodri Gy.</i>	ÉJ1983, 25 o.	bauxit
1984-	Gerencepuszta– Vinyesándor-major– Gézháza	1:10.000	<i>Tatai J., Csathó B., Tóth Cs.</i>		bauxit
1987	Fenyőfő-Dél	1:2.000	<i>Bodrogi M.</i>	ÉJ1987, 19 o.	bauxit
1988-	Halimba-Dél	1:2.000	<i>Bodrogi M.</i>	ÉJ1988–1989, 93 o.	bauxit

II. táblázat (4.2.5. szakasz)

Tóth Csaba

A Bakonyoszlopon végzett munka időbeli megoszlása  
geofizikai módszereként

Geofizikai tevékenység Bakonyoszlop térségében											
	1970	1972	1974	1976	1978	1980	1982	1984	1986	1988	1990
Vertikális elektromos szondázás		k	+		+	+	+	+	+	+	+
Mesterséges MT (MELOS)		k									
Potenciáltérképezés	k	k	+		+	+	+	+	+	+	+
Szeizmokarotázs		k									
Szeizmikus refrakció	k	k	+		+						
Szeizmikus reflexió		k	+				+				
Gerjesztett polarizáció (GP)		k									
Földmágneses mérések		k									
Egyenáramú modellkísérletek							k		k	k	
Fúrólýukfelszín-térképezés (FFG)			k		k	k	+	+	+		
Gravitációs mérések		k					+				
VLF ellenállásmérés					k	+	+	+	+	+	
TURAM térképezés					k	+	+				
Maxi-Probe frekvenciaszondázás						k	+	+	+	+	+
Tranziens mérések (TEM)							k	k	k	+	+
Geoelektromos rétegvizsgálás										k	
Számítógépes információs rendszer					k	+		??	+		??

k – kísérleti és tesztmérések; + – rendszeres alkalmazás

### III. táblázat (4.7. szakasz)

Kiss János

A hazai légi geofizikai mérésekről készített jelentések és publikációk listája

No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
1	1E+05	J-0543		Géresi Gy., Wéber B.	Mórágyi hegységi légi geofizikai újratelvélt indoklása	1967	MÉV	MBFH Adattár
2	1E+05	J-0469		Géresi Gy., Varga G., Wéber B.	Javaslat a légi geofizikai mérési adatok U prognózisai feldol- gozására	1967	MÉV	MBFH Adattár
3	45170	T.4702		Wéber B., Géresi Gy.	(Tokaji-hegység monográfiához) légi geofizikai mérések.	1967	MÉV	MBFH Adattár
4	1E+05	J-0207		Baranyi I.	Opponensi vélemény az 1966. évi légi geofizikai mérésekről összeállított jelentésről	1968	MÉV	MBFH Adattár
5	1E+05	J-0462		Géresi Gy.	Jelentés az 1968. évi légi geofizikai mérésekről	1968	MÉV	MBFH Adattár
6	1E+05	J-0429		Géresi Gy.	Éves összefoglaló témajelen- tés az 1969. évi komplex légi geofizikai munkákról	1969	MÉV	MBFH Adattár
7	1E+05	J-2448		Géresi Gy.	Jelentés az 1969. évi komplex légi geofizikai mérésekről	1971	MÉV	MBFH Adattár
8	1E+05	J-0443		Wéber B.	A légigeofizikai mérések alkal- mazása a földtani kutatásban	1973	MÉV	MBFH Adattár
9	MFN 000625	KO 21038604 KO 21028601		Csathó B.	Jelentés. Légi geofizikai módsze- rek ismertetése különös tekintettel a légi elektromágne- ses mérésekre	1986	ELGI	ELGI/ KFH Adattár

No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
10	1E+05	J-1117		Géresi Gy., Wéber B.	Előterv az 1986. évi kísérleti légi geofizikai mérésekhez	1986	MÉV	MBFH Adattár
11	58267	T.17428		Schönviszky L.	Műszaki jelentés az 1987. évi légi geofizikai mérésekről. (Somlyóvár–Doba, Szár, Gézháza–Csesznek). Légi geofizikai és távérzékelési módszerek a szilárdásvány-nyersanyagkutatásban	1987	ELGI	MBFH Adattár
12	24006	SzÁF-563		Tóth Cs.	Kutatási terv az 1987. évi bauxit-előkutató geofizikai mérésekhez (Várpalota–Csakvár és légi geofizika)	1987	ELGI	MBFH Adattár
13	1E+05	J-1240			Az 1986. évben a MÉV megrendelésére végzett légi geofizikai mérések (MAELGI-től kapott) mellékletei	1987	ELGI	MBFH Adattár
14	MFN 003494	KO 29098701		L. Kerbelov	Műszaki jelentés az 1986. évi magyarországi légi geofizikai kutatásról	1987	Bulgár Népk. Földtani Biz. ELGI	ELGI/KFH Adattár
15	MFN 000669			Schönviszky L.	Légi geofizikai és távérzékelési módszerek a szilárdásvány-nyersanyagkutatásban	1987	ELGI	ELGI/KFH Adattár
16	MFN 002907	KO 21268701 KO 21238703		Rezessy G.	Műszaki jelentés a BKV részére 1987-ben végzett felderítő és részletező fázisú felszíni geofizikai, valamint légi elektro-mágneses mérésekről	1987	ELGI	ELGI/KFH Adattár



No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
17	MFN 003583 MFN 000696	KO 21268702 KO 21068701	Csathó B. (Szilasi Gy.)	Jelentés az 1987. évi bauxit- kutatási célú kísérleti légi elektromágneses mérésekről. Függelék: Szilasi György: A Szár környéki légi geofizikai mérések néhány földtani eredménye	1988	ELGI	ELGI/ KFH Adattár	
18	MFN 000678	KO 21238702	Rezessy G., Bodrogi M., Bodri Gy., Csathó B., Gyurkó P., Szilasi Gy.	Műszaki jelentés a Bauxitkutató Vállalat részére 1987-ben végzett felderítő és részletező fázisú felszíni geofizikai, valamint légi elektromágneses mérésekről	1988	ELGI	ELGI/ KFH Adattár	
19	MFN 002946	KO 21068801	Schönviszky L.	Légi geofizikai és távérzékelési módszerek a szilárdásvány- nyersanyagkutatásban	1988	ELGI	ELGI/ KFH Adattár	
20	MFN 002945	KO 91868801	Schönviszky L.	Légi geofizikai és távérzékelési módszerek különös tekintettel a szénhidrogén-kutatásra	1988	ELGI	ELGI/ KFH Adattár	
21	MFN 003440	KO 21008801		A szilárd ásványi nyersanyagkuta- tásban alkalmazott geofizikai módszerek	1988	ELGI	ELGI Adattár	
22	MFN 000750		Csathó B.	ELGI, 1988	1989	ELGI	ELGI Adattár	
23	MFN 000911	KO 21238905	Balogh Gy., Csathó B., Tatai J., Tóth Cs.	Bauxittek kimutatásának lehetősége légi elektromágneses mérések segítségével (Kutatási jelentés)	1989	ELGI	ELGI/ KFH Adattár	
24	MFN 003443	KO 21039003	Tóth Cs.	Komplex légi geofizikai módsz- erek fejlesztése kísérleti al- kalmazása bauxitkutatási célból	1989	ELGI	ELGI Adattár	

No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
25	24910	U-551	I-III.	W. Seiberl	Zárójelentés légi geofizikai mérésekről a Balatontól ÉNy-ra (Sümeg, Tapolca, Monostorapáti)	1989	Bécsi Egyetem Meteorológiai és Geofizikai Tanszék	MBFH Adattár
26	MFN 003949	KO 21239013		Bodri Gy., Gulyás Á.	Adatszolgáltatás a Sümeg-tapolcai területen 1990-ben végzett geofizikai mérésekről	1990	ELGI	ELGI/KFH Adattár
27				Bodrogi M., Gulyás Á., Kiss J., Szilágyi I.	Adatszolgáltatás jelentés az 1989. évi bauxitkutatási célú légi geofizikai mérések értelmezéséről	1990	ELGI	ELGI Adattár
28	MFN 000769	KO 21069001		Csathó B., Bodrogi M., Gulyás Á., Kiss J., Balog Gy.	Tájékoztató jelentés: Távérzékelési és légi geofizikai módszerek fejlesztése (II.2.4.26/90 sz. szerződés)	1990	ELGI	ELGI/KFH Adattár
29	MFN 002268	KO 21268901		ELGI Légi geofizikai munkacsoport	Jelentés az 1989. évi bauxitkutatási célú légi geofizikai mérések elsődleges feldolgozásáról	1990	ELGI	ELGI/KFH Adattár
30	20648	AD.1421		Haas J., Tóth Á.	Jelentés a Sümeg-uzsai légi geofizikai mérési területen végzett többszempontú értékelő munkáiról	1990	Magyar-honi Földtani Társulat	MBFH Adattár
31	MFN 001247	KO 21069002		Csathó B., Bodrogi M., Gulyás Á., Kiss J.	Jelentés a légi geofizikai módszerek fejlesztés 1990. évi munkáiról	1991	ELGI	ELGI Adattár
32	MFN 000218	KO 21369101		Bodrogi M.	Jelentés a Geológiai Kutatási Alap keretében végzett 1991. évi paksi légi geofizikai mérésekről	1991	ELGI	ELGI/KFH Adattár

No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
33		MFN 001671	KO 21229001 KO 21229101	Gulyás Á.	Jelentés a Herend, Szentgál térségében végzett légi (1990) és felszíni geofizikai mérésekről (déli rész)	1991	ELGI	ELGI/ KFH Adattár
34		MFN 000790	KO 21269101	Szilágyi I.	Jelentés a Tés térségében végzett légi (1990) és felszíni (1991) geofizikai mérésekről	1991	ELGI	ELGI/ KFH Adattár
35		MFN 004789	KO 21269002 KO 21239102	Szilasi Gy.	Jelentés az Eplény–Gyulaírástól térségébeni légi (1990) és felszíni (1991) geofizikai mérésekről	1991	ELGI	ELGI/ KFH Adattár
36				Csathó B., Gulyás Á., Kiss J.	Légi geofizikai mérések eddigi alkalmazása és alkalmazási lehetőségei Magyarországon	1992	ELGI	ELGI Adattár
37				Kiss J., Gulyás Á., Bodrogi M.	Jelentés az 1992-ben Eger (Kelet- Mátra, Nyugat-Bükk) térségében végzett komplex légi geofizikai mérésekről	1994	ELGI	ELGI Adattár
38	20467	AD.1239		Bodrogi M.	A lélegeofizikai mérésekhez kapcsolódó módszerfejlesztés: 1992	1993	ELGI	MBFH Adattár
39	20463	AD.1235		Gulyás Á., Szilágyi I.	Jelentés az 1991-ben végzett komplex légi geofizikai mérésekről	1993	ELGI	MBFH Adattár
40		MFN 003426	KO 21069203	Kiss J., Kis K.	Jelentés a légi mágneses feldolgozási eljárások vizsgálatairól	1993	ELGI	ELGI/ KFH Adattár
41	20462	AD.1234		Szilágyi I.	Jelentés a Magyarországon 1991 előtt végzett légi geofizikai mérésekről. A módszer hazai alkalmazási lehetőségei	1993	ELGI	MBFH Adattár

No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
42	60274	T.19431		Szilágyi I.	Jelentés a Magyarországon 1991 előtt végzett légi geofizikai mérésekről. A módszer hazai alkalmazási lehetőségei. (Dunántúli-középhegység, Soproni hegyek, Zala vidék, Villányi-hegység, Észak Magyarországon, Nyírség, Szatmári síkság, Hajdúság, Mezőség)	1993	ELGI	MBFH Adattár
43	20641	AD.1414		Bodri Gy.	Adatszolgáltatás. Az 1989. évi légi geofizikai mérések revíziós-részletező értékelése alapján kijelölt anomáliák terepi kiegészítő mérései II. Halimba–Malomvölgy Kelet	1994	TERRATEST Geofizikai, Geodéziai, Méző-ki Kft. Veszprém	MBFH Adattár
44	20542	AD.1314		Bodrogi M., Csathó B., Gulyás Á., Kiss, János, Prácz E.	Magyarország hosszú távú légi geofizikai felmérésének kutatási programja (Nézs, Halimba, Taliándörögd, Kabhegy, Eplény, Tés)	1994	ELGI	MBFH Adattár
45	20567	AD.1339		Gulyás Á.	Jelentés a „Légigeofizikai és távérzékelés c. téma a.1. pontja: A 60-as évek szovjet–magyar kivitelezésű légi geofizikai méréseinek újraértelmezése” témában 1994-ben végzett munkákról: Légi radiometria. A légi gamma-spektrometriai mérések nem földtani célú alkalmazási lehetőségei	1994	ELGI	MBFH Adattár

No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
46	20547	AD.1319		Gulyás Á., Bodrogi M., Kiss J., Sárhidai A.	Jelentés az 1992-ben Eger (Kelet-Mátra, Nyugat-Bükk) térségében végzett komplex légi geofizikai mérésekről	1994	ELGI	MBFH Adattár
47		MFN 004659	KO 21069401	Gulyás Á.	Jelentés a „Légi geofizikai és távérzékelés c. téma a.1. pontja: A 60-as évek szovjet–magyar kivitelezésű légi geofizikai méréseinek újraértelmezése” témában 1994-ben végzett munkákról: Légi radiometria. A légi gamma-spektrometriai mérések nem földtani célú alkalmazási lehetőségei	1994	ELGI	ELGI Adattár
48				Szilágyi I., Bodrogi M., Csathó B., Gulyás Á., Kiss J., Prácser E.	Magyarország hosszú távú légi geofizikai felmérésének kutatási programja	1994	ELGI	ELGI Adattár
49		MFN 003937	KO 21039301	Nyerges L., Prácser E., Szilágyi I., Tóth Cs.	Jelentés a „Vízföldtani célú geofizikai módszertani és terepi kutatások karsztosodott területeken: a vízellátás és vízvédelem megalapozása” c. projekt 1993. évi tevékenységéről	1994	ELGI	ELGI Adattár
50		MFN 004821	KO 21069501	Bodrogi M., Gulyás Á., Kiss J., Prácser E., Sörös L., Vértessy L.	Jelentés a „Légi geofizika és távérzékelés” c. téma keretében 1995-ben végzett munkákról	1995	ELGI	ELGI Adattár
51		MFN 004708	KO 21569401	Kiss J.	A Mátra légi mágneses adatainak elemzése (Jelentés „A 60-as évek szovjet–magyar kivitelezésű légi méréseinek újraértelmezése” című témáról)	1995	ELGI	ELGI Adattár

No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
52				Kiss J., Bodrogi M., Gulyás Á., Prácser E., Sőrés L., Vértesy L.	Jelentés „A légi geofizika és távérzékelés” c. téma keretében 1995-ben végzett munkákról	1995	ELGI	ELGI Adattár
53				Kiss J., Gulyás Á., Prácser E., Sőrés L., Vértesy L.	Jelentés a Légi Geofizikai és Táv-érzékelési Laboratórium 1996-ban végzett munkáiról	1996	ELGI	ELGI Adattár
54				Kiss J., Gulyás Á., Prácser E., Tóth Z., Vértesy L.	Jelentés a Légi Geofizikai és Táv-érzékelési Laboratórium 1997-ben végzett munkáiról	1997	ELGI	ELGI Adattár
55				Kiss J., Gulyás Á.	Jelentés a Légi Geofizikai és Táv-érzékelési Laboratórium 1998. évi feladatairól	1998	ELGI	ELGI Adattár
56				Gulyás Á., Kiss J.	Jelentés a Légi Geofizikai és Táv-érzékelési Laboratórium 1999. évi feladatairól	1999	ELGI	ELGI Adattár
57				Kiss J.	Zárójelentés a Légi Geofizikai és Távérzékelési Laboratórium 1996–2000. évi munkáiról	2000	ELGI	ELGI Adattár
58				Kiss J., Prácser E. Gulyás Á.,	Jelentés a „Légi geofizikai adat-bázisok és paraméterterképek” projekt keretében 2001-ben végzett munkákról	2001	ELGI	ELGI Adattár
59				Kiss J., Gulyás Á., Prácser E., Kutassy L.-né	Jelentés a „Légi geofizikai adat-bázisok és paraméterterképek” téma 2002. évi munkáiról	2002	ELGI	ELGI Adattár

No.	Recno	Isz1	Isz2	Szerző(k)	Cím	Év	Vállalat	Forrás
60				Kiss J., Gulyás Á., Práczser E.	Zárójelentés a „Légi geofizikai adatbázisok és paraméterterképek” projekt keretében 2001–2003-ban végzett munkáról	2003	ELGI	ELGI Adattár
61				Gulyás Á. Kiss J. Tóth Z.	Előzetes kutatási jelentés: Archív légi geofizikai mérések újrafeldolgozása és a légi geofizikai módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata 2004. – Megbízó – Mecsekérc Környezetvédelmi Rt.	2004	ELGI	ELGI Adattár
62				Gulyás Á. Kiss J. Tóth Z.	Archív légi geofizikai mérések újrafeldolgozása és a légi geofizikai mérések alkalmazhatóságának vizsgálata – Minőségi teljesítés BAF – megbízó – Mecsekérc Környezetvédelmi Rt.	2005	ELGI	ELGI Adattár
63				Gulyás Á., Kiss J., Fűsi B., Paszera Gy., Nagy A., Vértessy L.	Légi geofizikai tesztmérés és adatfeldolgozás a Bátaszék kutatási területen	2007	ELGI	ELGI Adattár





## V. táblázat (8.2.3. szakasz)

Baráth István

### Mélyfúrás-geofizikai műszereladás 1965 és 1993 között (export)

Év	Ország	Műszereladás
1970	Csehszlovákia	Spektrumfrekvenciás kiskarotázsműszer K-500 (3 db)
1975	NDK	Digi műszer: K-3000
	India	MTA-1527 (Bauxitelemző)
	Svájc	MTA-1527
	Görögország	MTA-1527
1976	Irak	K-500 + szondák
1977	Szovjetunió	K-500 + szondák
	Lengyelország	K-600 + szondák
1978	Bulgária	K-500 + szondák
	Csehszlovákia	K-500 + szondák
	Lengyelország	K-500 + szondák
	NDK	K-500 + szondák; KD-10M
	India	MTA-1527
1979	Észak-Korea	K-300 + szondák
	Szovjetunió	K-500 + szondák
	Románia	KD-2-B beadó egység
		K-1000 + szondák
		K-600 + szondák
1980–	Líbia	K-1000 + szondák
1981		K-1500 + szondák
	Csehszlovákia	K-600 + szondák
	Lengyelország	K-600 + szondák
	NDK	K-600+ szondák
	Líbia	K-600 + szondák
	Irak	K-1000 + szondák

Év	Ország	Műszereladás
1982	India	K-1500 + szondák
	Görögország	KGF 64 D áramlásmérő
	Szovjetunió	MTA-1527
	Mongólia	K-600 + szondák
	Csehszlovákia	K-600 + szondák
	Szovjetunió	KIF 4FV40
		KRGE (XRF)
		KD-20 (Mikrogéppel vezérelt karotázsállomás)
	NDK	K-500 + szondák
	Sierra Leone	MTA-1527
1983	Észak-Korea	K-4000 + szondák
	Bulgária	K-600 + szondák
	Albánia	K-600 + szondák
	Irak	K-1000 + szondák
	NDK	K-500 + szondák
	Románia	K-600 + szondák
	Görögország	Indukciós berendezés (KIF + 4FV40)
	NSzK	KFI + 4FV40 és KAF + KAS (akusztikus berendezés)
	NDK	KD-10-M
	Szovjetunió	KD-30
	Bulgária	K-1500 + szondák
	Jugoszlávia	MTA-1527
	Kalamos Ltd.	KIF + 4FV40
	Ausztria	K-1000 + szondák
1984	Szingapúr	ARF-224
	Sierra Leone	Tartalékalkatrészek az MTA-1527-hez
	Szovjetunió	KD-80 + szondák
	Csehszlovákia	K-2000 + szondák

Év	Ország	Műszereladás
1985	NDK	K-500 + szondák
	Kuba	K-600 + szondák
	Románia	K-3000 + szondák
	Irak	K-600 + szondák
	Románia	K-5000 + szondák
	Csehszlovákia	K-2000 + szondák
	Szovjetunió	KD-80 + szondák
	Albánia	K-600 + szondák
	Kuba	K-600 + szondák
		K-1500 + szondák
	Irak	K-1000 + szondák
	Ausztria	Leobeni műszerszállítás
	Görögország	MTA-1527
	Irán	MTA-1527
	Lengyelország	MTA-1527
1986	Románia	KD-80 (MOLE) (8 db)
		PTA-4000 (Kőzetminta-elemző)
	Korea	Kiegészítő egységek a K-4000-hez és KAD digitalizáló
	Ausztria	KIF + 4FV40
	Kuba	MTA-1527
	Vietnam	MTA-1527
1987	Szovjetunió	Szonda és felszíni egységek
	NDK	Szonda és felszíni egységek
	Dánia	KIF + 4FV40
	Ausztrália	KIF + 4FV40
	Svájc	MTA-1527
	Albánia	KsGC-3-80-43 szonda
1988	Vietnam	K-600

Év	Ország	Műszereladás
1988	Vietnam	KFU-4-12P
		KRGG-2-80-43Sy
		KsGC-2-80-43-sMY
		KCT-2-120-43MY
		KRGNN-3-120-43sHY
	Mongólia	Sokcsatornás kőzetanalizátor (Földpáttartalom, homokkőzet összetétele, szállításirányítási rendszer)
	Románia	KD-80 + szondák
		Gamma-regisztráló
		FKF-PRSP-60 iszap-ellenállásmérő
		KRG-2-80-43sY
		Mikroszonda
		PSG-80-50
		KFU-4-12P
		KRGGC-3-80-43sMPY
		KRGNN-3-120-43sHY
		KRGNN-3-175-85sHY
		KRGGC-3-175-85sMY
		KCT-2-175-43Y
		KFE-3-12
		KFL-1-12/7
	Bulgária	KRsG-80-43-sMY
		KFU-4-220P
	Líbia	KL-1-120-60
	NDK	KRGGC-3-175-86sMPY
	Csehszlovákia	KRGGC-3-80-43sMPY
		KFU-4-12P
		KGC-2-80-36sMKY
	Albánia	KRGE-1-50-43X

Év	Ország	Műszereladás
1988	Albánia	KsGC–3-80-43sMK KFU–4-220P
1989	Kuba	Karotázsrendszerek (felszíni berendezések, szondák) KFU–4-12 KCT–2-120-36 KsGC–3-80-43 KRGÉ–1-150-43x KRGNN–3-80-43sY
	Lengyelország	KAF (akusztikus felszíni egység) KAS–2-43 szonda (2 db) KRsG–1-80-43s NKB–7-60 kábelfej
	Románia	K–5000 (2 db) KRGNN–3-175-85sHY (2 db) KRGGC–3-175-85sMPY KD–30 regisztrálók Kontaktpotenciál-szonda (5 db) KPF–2-12 (5 db) DM21H/AI akusztikus szonda (NDK gyárt. adaptálva) KCC2–1-50-85 KRGNN–3-175-43sHY KCT–2-150-43sY KRGDF–1-150-43sY FL–40 Ellenállás- és mikroellenállás-szonda Laterolog szonda KRGGC–3-80-43 KFL–1-12

Év	Ország	Műszereladás
1989	Csehszlovákia	KTRMQ-3-80-43Y
		KRGNN-3-120-43sHY
		KRGGC-3-80-43sMY
		KRGGC-3-80-60sMY
		KLL-36-2-80-43Y
		KEF-3-12
		KFU-4-PD
		KCT-2-120-36
1990	Lengyelország	KRG-2-120-60sY (3 db)
		KRGN-2-120-60sHY
		KRGN-2-120-43sHY (3 db)
		PDA-1 műszer
	Anglia	KIF + 4FV40
	Románia	KRGGC-120-60sY
		KCT-2-120-36MY
		KCT-2-120-43MY (3 db)
		KRGGC-3-80-43sMY (2 db)
		Laterolog szonda (4db)
		Ellenállásszonda (2 db)
		KFU-4-220P
		KRGGC-3-175-85sMPY
		KRGNN-3-175-85sHY
		KRGNN-3-175-43sHY
		KCC-2-175-85MY
	Kelet-Németország	Komplett indukciós mérőrendszer
		KIF + 4FV40 (3 db)
		KRGE-1-80-43sMY
		KRGGC-3-80-43-sMY

Év	Ország	Műszereladás
1990	Ausztria	KCCRm-3-120-60MY
		NSzK
		KFU-4-12P
		KGF + PRA-4
		KRGE-1-80-60s
	Albánia	KRGGC-3-80-43sY
		KIF + 4FV40
		KRNG-2-150-85sY
	Kuba	PCLOG-S (univerzális felszíni egység)
		K-300 +szondák
		KFU-2-12
	Líbia	KRG-1-80-43sY
		K-1500 + szondák
1991	India	K-600 + szondák
	Románia	K-5000
		KRGNN-3-175-85sHY (2db)
		KRGGC-3-175-85sMPY (2 db)
		KCT-2-150-43MY (3 db)
		KFRL-1-7-12
		AIK-5 (szovjet indukciós, adaptálva a K-5000-hez)
	Románia Albánia Irán	KCT-2-120-36MY (6 db)
		KLLE(S)-4-43
		KD-80 (MOLE)
		KFL-1-12
		KIF + 4FV40
		Szuszeptibilitást mérő berendezés (csehszlovák gyártás adaptálva)
		KFU-4-12P (2 db)
		KRGGC-3-80-43sMY (3 db)
		KRGGC3-80-60sHMPY

Év	Ország	Műszereladás
1991	Románia	KsGG–2-80-43sY
	Albánia	KRGG–2-80-43sY
	Irán	APR–4-260
		KFC–4-12
		KFX–2-12
		KEF–2-12 (2 db)
		KPF–2-12 (2 db)
		KRG–2-80-43sY
	Csehszlovákia	KTRmQ–3-80-43Y (2 db)
	Ausztria	KGROSP kom. szonda
	Kuba	KGROSP kom. szonda
	Bulgária	KIF + 4FV40
	Tunézia	K–1500
		KGRRSP–4-120-43sY
		KCT–2-120-43MY
		KLL3G–3-80-43sY
	Anglia	IP szonda és felszíni
1992	Tunézia	4 paraméteres szonda (PS, ellenállások, GR)
	Németország	KRGGC–3-80-60sMPY
		GP szonda és felszíni egység (KIP 91)
		KTRmQ–3-120-43Y
		KRG–1-80-76sY
		KLL3G–2-120-43sY
		KAS–2-43
		KGF–530k
	Ausztria	KIF + 4FV40
		IFG–40
		KFI–1-12



Év	Ország	Műszereladás
1993	Lengyelország	Műszerkocsi és felszíni egység
		3NGM elektromos szondák
		KCT (2 db)
		KRGGC (43, 80) (2 db)
		KAS akusztikus szonda (2 db)
		KRGE (43, 80) (2 db)
		4FV40 (2 db)
		KRGNN (43, 80) (2 db)
		Magnetométer
		Áramlásmérő (2 db)
		Kalibrátorok (NFC, GFC)
	Tunézia	KGM-1200 „WINCH” (csörlő)
		Felszíni egységek
		KGRRSP
	Finnország	KTRmQ-3-120-43Y
		KFU-4-12
	Németország	KTRmQ-3-120-43Y
		Áramlásmérő (2 db)
		GP szonda
		Laterolog (dual quard)

## VI. táblázat (8.3.7.1. szakasz)

Verő László, Kakas Kristóf

### Az intézeti fejlesztésű geoelektromos műszerek áttekintése<sup>2)</sup>

GE-6	Az első hazai gyártmányú kompenzátor (Sebestyén K., Lakatos S., 1952)
GE-9	Az első terepállóra tervezett kompenzátor szárazeleemes tápegységgel; kísérleti példány. Külön mérte a $dV$ és az $I$ értéket, a $\rho$ adatot logarléccel kellett számolni
GE-10	A GE-9 típusnak a GMG soproni gyáregységében sorozatgyártott változata
GE-16	A Feussner-kompenzátor elvén működő, a $dV/I$ hányadost mérő nagyberendezés (Dankházi Gy., Szabadváry L., 1959). Egyetlen példány készült hazai használatra, de a Koreai Népköztársaság (Észak-Korea) rendelt belőle 3 darabot
GE-20	A valóban automatikusan számoló és igen terepálló, hordozható szondázó műszer 1961-ben készült el (Szabadváry L., Dankházi Gy.). A fejlesztés eddig legsikeresebb típusaként nagysorozatban gyártotta a GMG. Jellemzői: nagy érzékenységgű galvanométer, gondos átvezetés-védelem, igen magas finommechanikai színvonal és költség, telepes áramforrás, mechanikus lábkapcsoló
GE-21	A GE-20 egyszerűsített, miniatürizált változata; 1 példányban készült 1962-ben
GE-22	A GE-23 tapasztalatait felhasználva 1967-ben 4 példányban készült könnyített sekélyszondázó berendezés (Kakas K.). A cél az volt, hogy az 1966/67-es téli munkaszünetben saját erőből annyi új berendezést tudjunk olcsón legyártani, amellyel fel lehet szerelni az újonnan felállítandó szondázó brigádokat. A GE-20 típustól eltérően nagyrészt olcsó ipari alkatrészekből épült, kisfogyasztású mágneskapcsolóval. Gyenge pontja volt a góliátelemes tápegység

<sup>2)</sup> Az ötvenes években elfogadott konvenció szerint a geoelektromos műszereket GE típusjellel láttuk el (a tellurikus konstrukciók betűjele T, a szeizmikusoké Sz volt). Marketing okokból később más neveket is alkalmaztak (RACE, DIAPIR, DEF stb). A Függelék V. táblázatában a sikeres és sikertelen típusokat együttesen listázzuk, mert az utóbbi fejlesztések is tanulságosak.

GE-23	A GE-40 erősáramú tapasztalatait felhasználva 1966-ban 2 példányban épült középszondázó berendezés ( <i>Verő L., Szúnyogh F.</i> ). Jellemzője volt a pólusfordító mágneskapcsolók és teflonszigetelések használata. Tipikus áramforrása az 5 kW-os, elavult egyenáramú generátor volt
GE-25	A GE-23 típus 1967-ben sorozatgyártott változata. Beépített terepálló ampermérőjével bázisműszerként is használható volt
GE-27+GFxxx	1970-től a GE-22 mintájára sorozatban gyártott nagy megbízhatóságú egyenáramú sekélyszondázó berendezés, amelyben már galvanométer-erősítő is volt ( <i>Pattantyús Á. M.</i> ). Tipikus tápegysége a GF sorozat valamelyik eleme, amelyeket polgári kivitelű (általában Honda gyártmányú) robbanómotoros, váltóáramú generátorok hajtottak meg. A használt generátorok teljesítménye: 300 W, 1,5 kW, 2,5 kW, max. 8 kW. A GF tápegységek önállóan a potenciál-térképezés és az FFG térképezés bázisműszerei is voltak (automata időzítés, pólusfordító mágneskapcsolók, telefonkörök)
GE-30	1962-ben 2 példányban gyártott bázisműszer a dipólszondázások céljára (kapcsolómű és árammérő). Áramforrása 5 kW-os egyenáramú generátor. Gyenge pontja volt a mechanikus kapcsoló és az árammérés módja: a referenciafeszültséget nagy érzékenységű T-14 fotoregisztálóval mérték, amely érzékeny volt az „átvezetési áramokra”
GE-40	Nagy teljesítményű bázisműszer a dipólszondázások céljára. Különösen terepálló ampermérője volt (így nem jelentkezett az átvezetés), mágneskapcsolói pólusfordítást is lehetővé tettek (a látszólagos tápáram elérte a 60 ampert). Áramforrása egy Gaz-69 autóba épített, 16,5 kW teljesítményű egyenáramú generátor volt, amely 500 V-on 30 A áramot tudott szolgáltatni
GE-41	Kísérleti bázisműszer a térkivonásos szondázásokhoz (1973). Sikertelen
GE-50	Kísérleti kis teljesítményű váltóáramú szondázó műszer ( <i>Vince J., Szabadváry L.</i> , 1967). Indukciós hibák miatt sikertelen fejlesztés
GE-60	Kísérleti közepes teljesítményű váltóáramú szondázó műszer ( <i>Vincze J.</i> , 1969). Továbbra is indukciós hibák, a terepállóság hiánya. Sikertelen
RACE-15	Kísérleti 15 W teljesítményű, váltóáramú szondázó műszer ( <i>Simon P., Erkel A.</i> , 1973)
RACE-30	30 W teljesítményű, váltóáramú szondázó műszer ( <i>Simon P., Erkel A.</i> , 1974). Sorozatgyártásra és sikeres alkalmazásra került

DIAPIR-10R	A DIAPIR fejlesztés eredményeire épülő ellenállásmérő műszer, 10 W-os akkumulátoros meghajtással (ez egy külső tápegységgel 250 W-ra volt növelhető), a zaj csökkentésére additív szűréssel
GE-P1	A börzsönyi kísérleti PS mérések ( <i>Fejes I.</i> ) céljára épült egyszerű potenciométer (1967)
GE-P2	A potenciál-térképezés és az FFG mérések céljára sorozatban (kb. 10 példányban) épült kompenzátor ( <i>Kakas K.</i> , 1970–1975)
GE-P4	Az előző kompenzátor elektronizált továbbfejlesztése, galvanométer erősítővel és szintmérő automatikával ( <i>Antal A.</i> , 1974). Példányszám: kb. 10 db
DIAPIR-4005	GP és ellenállásmérő műszer ( <i>Simon P.</i> , <i>Erkel A.</i> , 1977), 10 csatornán mérte a polarizálhatóságot
DIAPIR-E	Az előző típus könnyített változata (1978). Az ellenálláson kívül 3 GP paramétert tudott mérni. Jó terepállóságú, akkumulátoros műszer
DIAPIR-18	



